

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA  
COMPUTAÇÃO**

**Walter Ferreira Siqueira**

**MULTI-PROTOCOLOS SOBRE ATM,  
INTEROPERABILIDADE E GERÊNCIA – UM  
ESTUDO DE CASO**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora: Elizabeth Sueli Specialski

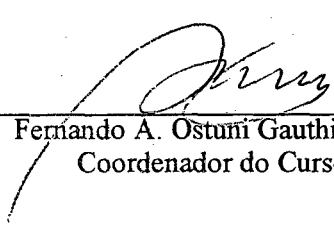
Florianópolis, Dezembro de 2000.

# MULTI-PROTOCOLOS SOBRE ATM, INTEROPERABILIDADE E GERÊNCIA – UM ESTUDO DE CASO

Walter Ferreira Siqueira

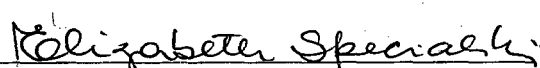
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, na Área de Concentração de Sistemas de Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós- Graduação em Ciência da Computação.

Banca Examinadora:



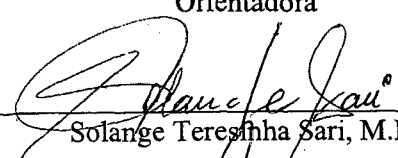
---

Fernando A. Ostuni Gauthier, Dr.  
Coordenador do Curso



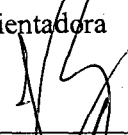
---

Elizabeth Sueli Specialski, Dra.  
Orientadora



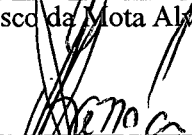
---

Solange Teresinha Sari, M.Eng.  
Co-orientadora




---

João Bosco da Mota Alves, Dr.



---

Vitório B. Mazzola, Dr.



---

Fernando Augusto da Silva Cruz, M. Sc.

## Agradecimentos

Durante a realização do trabalho muitas pessoas, de alguma forma, foram envolvidas direta ou indiretamente nas contribuições, tornando difícil enumerar todas elas. Dentro destas contribuições, existem distinções significativas, que devem ser registradas. Portanto, relaciono, aqui, pessoas e instituições que ajudaram a tornar possível este trabalho.

A Deus pela vida, saúde e grandes oportunidades oferecidas. A meus pais e minha família que mesmo distantes sempre me apoiaram em todos os momentos.

A professora e orientadora Dra. Elizabeth Specialski, que sempre contribuiu para o meu crescimento acadêmico e profissional. Agradeço especialmente a M.Eng. Solange Teresinha Sari pela co-orientação e enorme apoio na organização deste trabalho e pelas palavras de encorajamento, companherismo e amizade.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, pelos conhecimentos transmitidos no decorrer do curso. À Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade e ao Departamento do Curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação, inclusive aos técnicos administrativos, especialmente a Vera Lúcia S. Teixeira e Valdete J. da Rocha, pela atenção e paciência a mim dispensada.

As equipes do projeto RMAV-FLN - Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis, aos coordenadores Jean-Marie Farines e Edson Tadeu Melo e aos bolsistas Solange Teresinha Sari, Pedro Freitas Portela Souza, Helens Vinícios Horewitz e Richard Robert Reinert, que contribuíram de forma significativa e direta para na conclusão desta dissertação. Aos funcionários e bolsistas do NPD - Núcleo de Processamento de Dados da UFSC, em especial ao diretor Márcio Cledes, aos integrantes do Laboratório de Interoperabilidade do Núcleo de Processamento de Dados da UFSC, especialmente ao Edson Melo, Fernando Cerutti, Elvis Melo, pelo apoio e suporte teórico/prático.

Aos professores integrantes da banca examinadora pela apreciação do trabalho e valiosa contribuição na redação final.

Aos colegas de curso pelas amizades construídas e convívio, que muito auxiliaram na formação acadêmica, em especial a Arlete Moraes, Gentil Veloso Barbosa, Helio Corrêa Filho e José Gonçalo dos Santos.

---

## Sumário

<b>Listas de Figuras .....</b>	<b>vii</b>
<b>Listas de Quadros .....</b>	<b>viii</b>
<b>Listas de Abreviatura .....</b>	<b>ix</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>xii</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>13</b>
1.1. <i>Motivação</i> .....	14
1.2. <i>Justificativa</i> .....	16
1.3. <i>Objetivos</i> .....	16
1.4. <i>Metodologia</i> .....	17
1.5. <i>Organização do trabalho</i> .....	17
<b>2. Conceitos Básicos .....</b>	<b>19</b>
2.1. <i>Protocolos de Sinalização ATM</i> .....	19
2.2. <i>Serviço de Emulação de Redes – LANE</i> .....	20
2.2.1. Tipos de Conexões .....	22
2.2.2. Operações LANE .....	23
2.3. <i>Protocolo NHRP</i> .....	24
2.4. <i>Serviço de Multi-Protocolos sobre ATM - MPOA</i> .....	25
2.4.1. MPOA em Ambiente LAN <i>Emulation</i> e <i>Classical IP</i> .....	26
2.4.2. Roteamento Virtual .....	26
2.4.3. Componentes do MPOA .....	28
2.4.4. Componentes Funcionais do Multi-Protocolo sobre ATM .....	30
2.4.5. Fluxos de Controle e Fluxos de Dados .....	32

---

2.4.6.	Operações MPOA.....	33
2.5.	<i>Gerenciamento de Redes</i> .....	34
2.5.1.	Áreas Funcionais de Gerência .....	34
2.5.2.	Bases de Informações Gerenciais .....	36
2.5.3.	Métodos de Avaliação de Desempenho.....	37
<b>3.</b>	<b>Materiais e Métodos</b> .....	<b>40</b>
3.1.	<i>Infra-estrutura da Rede</i> .....	40
3.1.1.	Topologia Física .....	41
3.1.2.	Descrição dos Cenários .....	42
3.2.	<i>Configuração</i> .....	43
3.3.	<i>Ferramentas</i> .....	47
3.3.1.	<i>Qcheck</i> .....	47
3.3.2.	<i>InFOREmation Center</i> .....	48
3.3.3.	<i>CellView</i> .....	49
3.3.4.	<i>Netperf</i> .....	50
<b>4.</b>	<b>Interoperabilidade e Conformidade</b> .....	<b>52</b>
4.1.	<i>Interoperabilidade</i> .....	52
4.1.1.	Variação do Ambiente .....	52
4.1.2.	Experimentos .....	54
4.2.	<i>Conformidade</i> .....	59
4.3.	<i>Resultados</i> .....	66
4.3.1.	Avaliação da Interoperabilidade:.....	66
4.3.2.	Avaliação da Conformidade .....	67
<b>5.</b>	<b>Desempenho</b> .....	<b>69</b>
5.1.	<i>Cenários</i> .....	69
5.2.	<i>Geração e Monitoração de Tráfego</i> .....	70
5.3.	<i>Desempenho dos Sistemas Finais</i> .....	70

---

5.3.1.	Vazão da Interface de <i>Loopback</i> .....	70
5.3.2.	Fluxo de dados entre os sistemas finais .....	72
5.4.	<i>Desempenho da Rede</i> .....	73
5.4.1.	Cenário I .....	74
5.4.2.	Cenário II .....	75
5.4.3.	Cenário III .....	77
5.5.	<i>Resultados</i> .....	78
5.5.1.	Avaliação dos Sistemas Finais .....	78
5.5.2.	Avaliação dos Cenários .....	79
<b>6.</b>	<b>Segurança</b> .....	<b>82</b>
6.1.	<i>Segurança LANE</i> .....	82
6.1.1.	Políticas de Segurança .....	83
6.1.2.	Resultados .....	84
6.2.	<i>Segurança MPOA</i> .....	85
6.2.1.	Considerações .....	86
<b>7.</b>	<b>Abordagem Alternativa</b> .....	<b>88</b>
7.1.1.	Considerações .....	90
<b>8.</b>	<b>Considerações Finais</b> .....	<b>91</b>
8.1.	<i>Conclusões</i> .....	91
8.2.	<i>Recomendações</i> .....	92
<b>9.</b>	<b>Bibliografia Consultada</b> .....	<b>93</b>
	<b>Anexo – Descrição da MIB MPOA</b> .....	<b>96</b>

---

## Lista de Figuras

<i>Figura 2-1 Tipos de conexões LANE, (a) Conexões de Controle e (b) Conexões de Dados</i> .....	22
<i>Figura 2-2 - Modelo do Next Hop Resolution Protocolo</i> .....	25
<i>Figura 2-3 - Modelo de rotas virtuais</i> .....	27
<i>Figura 2-4 – Comparação entre os modelos de roteamento virtual e convencional</i> .....	27
<i>Figura 2-5 – Componentes MPOA</i> .....	28
<i>Figura 2-6 – Mapeamento entre os componentes lógicos e físicos</i> .....	30
<i>Figura 2-7 – Relação entre vazão e sua eficiência, onde a vazão é diretamente proporcional a sua eficiência</i> .....	39
<i>Figura 2-8 – Relação entre a latência e sua eficiência, onde a latência é inversamente proporcional à eficiência do sistema</i> .....	39
<i>Figura 3-1 – Backbone Central ATM</i> .....	40
<i>Figura 3-2 – Topologia do ambiente de estudos</i> .....	42
<i>Figura 3-3 Tabela das rotas IP configuradas nos roteadores IBM MSS 8210</i> .....	45
<i>Figura 3-4 Funcionamento da ferramenta Qcheck</i> .....	48
<i>Figura 4-1 Cenário de interoperabilidade</i> .....	53
<i>Figura 4-2 – Visualização do atalho através do InFOREmation Center</i> .....	56
<i>Figura 5-1 - Vazão média em Mbps das interfaces de loopback dos sistemas finais</i> .....	71
<i>Figura 5-2 - Vazão média em Mbps entre sistemas finais</i> .....	73
<i>Figura 5-3 - Latência média em micro segundos (ms) entre sistemas finais</i> .....	73
<i>Figura 5-4 Vazão média em Mbps obtida no Cenário I</i> .....	74
<i>Figura 5-5 Cenário I Latência em ms</i> .....	75
<i>Figura 5-6 - Vazão média obtida no Cenário II</i> .....	76
<i>Figura 5-7 Latência média em micro segundos do Cenário II</i> .....	76
<i>Figura 5-8 Vazão média em Mbps obtida no Cenário III</i> .....	77
<i>Figura 5-9 Latência média em ms do Cenário III</i> .....	78
<i>Figura 5-10 Vazão sem e com MPOA dos Cenários I, II e III em Mbps</i> .....	80
<i>Figura 5-11 - Latência sem e com MPOA dos Cenários I, II e III em micro segundos (ms)</i> .....	80
<i>Figura 5-12 Relação do número de MPSs com o ganho</i> .....	81
<i>Figura 6-1 - Formato da extensão de autenticação MPOA</i> .....	86
<i>Figura 7-1 Componentes do MPLS</i> .....	88

---

## Lista de Quadros

<i>Quadro 2-1 - Especificações LANE e MPOA do ATM do Forum</i> .....	36
<i>Quadro 2-2 - MIB MPOA</i> .....	36
<i>Quadro 2-3 - RFCs definidas pelo IETF</i> .....	36
<i>Quadro 2-4 - Drafts para o padrão ATM Forum</i> .....	37
<i>Quadro 2-5 - Drafts dos RFCs MPLS do IETF</i> .....	37
<i>Quadro 2-6 - Critérios de seleção da técnica de Avaliação de Desempenho</i> .....	38
<i>Quadro 3-1 Identificação e configuração dos Sistemas Finais</i> .....	42
<i>Quadro 3-2 Descrição das ELANS configuradas nos roteadores IBM MSS 8210</i> .....	44
<i>Quadro 3-3 Comandos de configuração do servidor MPOA</i> .....	46
<i>Quadro 3-4 Opções de configuração no MPC IBM 8371</i> .....	46
<i>Quadro 4-1 Opções de configuração do MPC (Turboways)</i> .....	53
<i>Quadro 4-2 Componentes MPOA descobertos no ambiente de teste de interoperabilidade</i> .....	55
<i>Quadro 4-3 Identificação do estado do fluxo de dados: detectado ou resolvido</i> .....	57
<i>Quadro 4-4 - Resultado detalhado do estado de um fluxo de dados resolvido</i> .....	58
<i>Quadro 4-5 - Identificação do estado do fluxo de dados: detectado ou resolvido</i> .....	58
<i>Quadro 4-6 - Resultado detalhado do estado de um fluxo de dados resolvido</i> .....	58
<i>Quadro 4-7 - Regras de Conformidade</i> .....	61
<i>Quadro 4-8 Configuração MPC</i> .....	61
<i>Quadro 4-9 - Descoberta do dispositivo MPC</i> .....	62
<i>Quadro 4-10 - MPC - Resolução no Destino: Processamento do caminho dos dados</i> .....	62
<i>Quadro 4-11 - MPC - Resolução no Destino: Gerenciamento do Cache MPC</i> .....	63
<i>Quadro 4-12 - Gerenciamento das Conexões no MPC</i> .....	63
<i>Quadro 4-13 - Transferência dos dados no MPC</i> .....	63
<i>Quadro 4-14 - Configuração MPS</i> .....	64
<i>Quadro 4-15 - Descoberta do dispositivo MPS</i> .....	64
<i>Quadro 4-16 - Gerenciamento das Conexões no MPS</i> .....	65
<i>Quadro 5-1 - Configurações dos sistemas finais</i> .....	72
<i>Quadro 5-2 Quadro de referência do barramento PCI</i> .....	72
<i>Quadro 7-1 Diferenças entre MPLS e MPOA</i> .....	89

---



## Lista de Abreviaturas

ABR	<i>Available Bit Rate</i>
AHFG	<i>ATM-Attached Host Functional Group</i>
ALL	<i>ATM Adaptation Layer</i>
ARP	<i>Address Resolution Protocol</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
B-ISDN	<i>Broadband Integrated Service Digital Network</i>
BUS	<i>Broadcast and Unknown Server</i>
CCITT	<i>Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
DFFG	<i>Default Forwarder Function Group</i>
DLL	<i>Dynamic Link Library</i>
EDFG	<i>Edge Device Functional Group</i>
ELAN	<i>Emulated Local Area Network</i>
ESI	<i>End System Identifier</i>
HEC	<i>Header Check Error</i>
IASG	<i>Internetwork Address Sub-Group</i>
IBM	<i>International Business Machine Corporation</i>
ICFG	<i>IASG Coordination Functional Group</i>
ICI	<i>Inter-exchange Carrier Interface</i>
IE	<i>Information Element</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
ILMI	<i>Integrated Local Management Interface</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITU-T	<i>International Telecommunications Union</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LE-ARP	<i>LAN Emulation Address Resolution Protocol</i>
LEC	<i>LAN Emulation Client</i>
LEC-ID	<i>LAN Emulation Client-Identifier</i>
LECS	<i>LAN Emulation Configuration Server</i>
LES	<i>LAN Emulation Server</i>
LLC	<i>Logical Link Control</i>
LSP	<i>Label Switch Path</i>
MAC	<i>Medium Access Control</i>
MCS	<i>Multicast Server</i>
MIB	<i>Management Information Base</i>
MPC	<i>MPOA Client</i>
MPLS	<i>Multi-Protocol Label Switching</i>
MPOA	<i>Multi-Protocol over ATM</i>
MPS	<i>MPOA Server</i>
MTU	<i>Maximum Transmission Unit</i>
NBMA	<i>Non-Broadcast Multi-Access</i>
NHC	<i>Next Hop Client</i>
NHRP	<i>Next Hop Resolution Protocol</i>
NHS	<i>Next Hop Server</i>

---

NNI	<i>Network to Network Interface</i>
OSI	<i>Open System Interconnection</i>
PDU	<i>Protocol Data Unit</i>
POP-SC	Ponto de Presença de Santa Catarina
QoS	<i>Quality of Service</i>
RFFG	<i>Remote Forwarder Functional Group</i>
RFSG	<i>Route Server Functional Group</i>
RMAV-FLN	Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis
RNP	Rede Nacional de Pesquisas
SSCOP	Service Specific Connection-Oriented Protocol
SVC	<i>Switched Virtual Circuit</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TLV	<i>Type Length Value</i>
UNI	<i>User Network Interface</i>
VBR	<i>Variable Bit Rate</i>
VC	<i>Virtual Circuit</i>
VCC	<i>Virtual Channel Connection</i>
VCI	<i>Virtual Circuit Identifier</i>
VPC	<i>Virtual Path Connection</i>
VPI	<i>Virtual Path Identifier</i>
VPL	<i>Virtual Permanent Link</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>

---

## Resumo

Este trabalho consiste no estudo e na realização de experimentos com o Multi-Protocolo sobre ATM. São apresentados testes de interoperabilidade entre equipamentos com suporte a MPOA de diferentes fabricantes. Nos experimentos de conformidade as características dos equipamentos são confrontadas com as declarações de conformidade da implementação do protocolo MPOA. Para mostrar os benefícios do MPOA, foi implementado um ambiente de teste específico para realizar experimentos de avaliação de desempenho em ambientes sem e com MPOA. O ambiente de teste é composto por três cenários que possuem equipamentos semelhantes, variando o número de servidores MPOA. O trabalho também apresenta aspectos de políticas de segurança observados para protocolo LANE e a extensão de autenticação para MPOA. Como uma alternativa ao MPOA é apresentada a Comutação de Rótulo Multi-Protocolo – MPLS.

---

## Abstract

This work presents the study and the accomplishment of experiments with the Multi-protocol over ATM. Interoperability tests are presented among equipments with support the different MPOA manufacturers. In the conformity experiments the characteristics of the equipments are confronted with the conformity declarations of the MPOA protocol implementation. In order to show the benefits of MPOA, a test environment was implemented and experiments in performance evaluation were made considering an environment without and with MPOA. The work also presents aspects of security politics observed for the LANE protocol and for the authentication extension for MPOA. The MPLS - Multiprotocol Label Switching is presented as an alternative to MPOA.

---

## 1. Introdução

---

O crescimento cada vez mais significativo das redes internet e *intranet* têm proporcionado um aumento do número de equipamentos, tais como, comutadores e roteadores que são fundamentais para a infra-estrutura de comunicação entre as redes de computadores. O uso destes equipamentos permite que as informações sejam compartilhadas e trafeguem a quilômetros de distância como se um computador estivesse ao lado do outro.

Essa necessidade de compartilhar informações e o surgimento de novas aplicações como multimídia tem sido cada vez mais freqüente, sendo que a exigência por redes com alta velocidade e melhor desempenho é uma constante por parte dos usuários. Diante desses desafios, equipes de infra-estrutura e gerência de redes, ao lado de equipes de novas aplicações, têm concentrado seus esforços para atender às exigências atuais e vêm se preparando para os futuros desafios tecnológicos.

Para que uma informação possa trafegar de uma rede a outra, é necessário que passe por um ou mais roteadores até alcançar o seu destino. Em cada roteador são realizados os processamentos, o cálculo das rotas e o encaminhamento das informações para o outro roteador. Porém, como conseqüências identificadas têm-se a sobrecarga, o gargalo, o aumento da latência e a queda do desempenho na comunicação fim-a-fim.

Uma solução para resolver este problema é a junção das tecnologias: "*Internet Protocol (IP)* e *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*". A idéia é ter uma rede com serviços de roteamento IP e os recursos de alta velocidade de uma infra-estrutura ATM no núcleo da rede. Desta forma, considera-se possível obter os benefícios das tecnologias: a simplicidade de implementação do IP e a qualidade de serviço (QoS) do ATM.

O ATM Fórum e o *Internet Engineering Task Force (IETF)* uniram suas forças e seus grupos de trabalho para disponibilizar uma nova tecnologia que integrasse o IP e o ATM. Dessa união, surgiu o Multi-Protocolo sobre ATM (MPOA), cuja especificação foi concluída em 1997.

O MPOA tem como objetivo a transferência eficiente de dados entre sub-redes, em um ambiente LAN *Emulation (LANE)*, de forma que os dados não precisem passar

---

por roteadores ao longo do caminho. Com o MPOA é possível melhorar o desempenho da rede, possibilitando o aumento da vazão, a diminuição da latência fim-a-fim e conseqüentemente, a diminuição da carga nos roteadores.

O propósito deste trabalho é apresentar a implantação do MPOA na Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis (RMAV-FLN), avaliando o desempenho e em particular a vazão e a latência fim-a-fim, em diferentes cenários. Este trabalho também contempla o estudo sobre a conformidade das implementações MPOA, bem como os experimentos de interoperabilidade entre clientes MPOA de diferentes fabricantes.

## 1.1. Motivação

A principal motivação para a realização deste trabalho é a participação na implantação da RMAV-FLN, que faz parte do Projeto das Redes Metropolitanas de Alta Velocidade (REMAV). Este projeto é uma parceria entre a Rede Nacional de Pesquisa (RNP) e o Programa Temático Multi-Institucional em Ciência da Computação (ProTeM-CC), com apoio financeiro do CNPq e Comitê Gestor da Internet no Brasil. A RMAV-FLN tem como objetivos:

- Colocar em operação e gerenciar a Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis;
- Testar e disponibilizar experimentos com aplicações interativas na rede metropolitana ATM;
- Capacitar pessoas e instituições para operar e gerenciar redes de tecnologia ATM e implementar aplicações nesta;
- Criar condições para a cooperação e a capacitação permanente das instituições envolvidas.

A exemplo da RMAV-FLN, as demais redes metropolitanas que compõem o *backbone* nacional de alta velocidade, utilizam a tecnologia IP sobre ATM (IP Clássico) e os serviços LANE. Outras redes corporativas, como universidades e empresas de grande porte, utilizam esta tecnologia para atender aos requisitos das aplicações de multimídia e de missão crítica.

---

Considerando que o MPOA surgiu como uma proposta para melhorar o desempenho desta arquitetura alguns trabalhos já foram realizados com objetivo de mostrar ou até mesmo quantificar o ganho com a implantação destes serviços.

Venkataraman da Universidade de *New Hampshire* [NATHAM/98], apresenta um *framework* para facilitar a automação de uma série de testes. Esta plataforma foi desenvolvida utilizando a ferramenta *Hewlett Packard Broadband Series Test System* (BSTS), com objetivo de testar o cliente MPOA. A ferramenta monitora e captura os dados do tráfego ATM gerado e também fornece uma interface de programação em C para acessar os dados registrados. Em sua conclusão, o autor ressalta que o MPOA permite uma eficiente comunicação inter-subredes, além de aumentar a gerenciabilidade e a escalabilidade da rede, devido à redução do número de dispositivos que fazem o cálculo das rotas.

Empresas fabricantes de produtos de interconexão também procuram demonstrar a eficiência do serviço MPOA através de testes de desempenho. Como exemplo, tem-se os relatórios técnicos XYLAN [BERTH/99], que apresenta de forma sucinta a especificação MPOA. Os testes apresentados neste relatório baseiam-se no *framework* proposto por [NATHAM/98], e tem como objetivo, mostrar a interoperabilidade entre clientes e servidores MPOA de diversos fabricantes. E os resultados obtidos no testes mostraram que é possível a interoperabilidade entre os vários fabricantes sem quaisquer problemas nos níveis: a) físico; b) SSCOP; c) ILMI; d) sinalizações UNI 3.0; UNI 3.1; e) PNNI; f) LANE v1 ou v2 e g) MPOA.

Um dos desafios encontrados na implantação do MPOA é que nem todos os equipamentos suportam este serviço. Vatiainen, [VATIA/99] propõe a implementação de um cliente MPOA para o sistema operacional linux, com suporte de parâmetros de QoS, *links Wide Area Network* (WAN) e telefonia IP. Neste trabalho, o autor menciona que o MPOA é uma técnica que pode ajudar a reduzir os gargalos introduzidos pelo uso do LANE, pois expande o uso dos circuitos virtuais comutados. E conclui dizendo que, os testes realizados com o cliente MPOA proposto evidenciaram o aumento significativo da vazão.

---

## 1.2. Justificativa

Esta dissertação é justificada pelo fato de trazer contribuições significativas em vários aspectos, isto é, na capacitação profissional do pesquisador, na otimização de parâmetros da rede onde está sendo implantado o serviço e a expectativa de usá-lo em redes de longa distância, como a Internet, por exemplo.

Através deste trabalho é possível adquirir conhecimentos básicos e avançados na área de redes, em especial em redes TCP/IP, ATM, além de permitir obter a experiência na configuração e no manuseio de roteadores, comutadores de diferentes fabricantes.

Do ponto de vista da rede utilizada, esta dissertação proporciona a RMAV-FLN a realização de experimentos de alta tecnologia, visto que o MPOA está sendo investigado pelos principais centros e instituições de pesquisas internacionais em conjunto com as maiores indústrias de tecnologias de rede. Estes experimentos pretendem mostrar os benefícios da utilização do serviço MPOA em uma rede IP sobre ATM.

A perspectiva de usar o serviço MPOA em redes de longa distância, como a Internet, pode trazer contribuições significativas com relação a maximizar a quantidade de dados transmitidos em menor tempo, atendendo as exigências das novas aplicações multimídias.

## 1.3. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é avaliar as características da tecnologia multi-protocolos sobre ATM em uma rede de alta velocidade. Este estudo tem ainda como objetivos específicos:

- ◆ Avaliar a conformidade e interoperabilidade de equipamentos que suportam multi-protocolos;
  - ◆ Avaliar o desempenho do protocolo MPOA em um ambiente LANE;
  - ◆ Identificar e avaliar os parâmetros de segurança do protocolo MPOA em um ambiente LANE;
  - ◆ Apresentar abordagens alternativas ao MPOA.
-



## 1.4. Metodologia

A pesquisa parte de uma investigação bibliográfica dos trabalhos já realizados nesta área, com objetivos de identificar os benefícios do MPOA.

Após um estudo aprofundado dos recursos disponíveis na rede (roteadores, comutadores, interfaces de redes e sistemas operacionais), experimentos de interoperação e gerência são executados para testar a conformidade, interoperabilidade e desempenho em diferentes cenários de configuração.

A partir dos experimentos são observados os aspectos de segurança do LANE e MPOA.

## 1.5. Organização do trabalho

Neste capítulo estão apresentados: a delimitação do trabalho, os principais fatores que motivaram a realização da pesquisa, as contribuições relevantes que justificam a pesquisa, os objetivos gerais e específicos a serem alcançados e a metodologia do trabalho.

Os conceitos básicos para o entendimento deste trabalho são apresentados no Capítulo [2]. Este se constitui da descrição dos protocolos subjacentes ao MPOA, bem como, uma apresentação detalhada do protocolo MPOA descrevendo seus principais componentes e operações. Também são apresentados conceitos de gerenciamento de rede, e em particular as técnicas de avaliação e métricas de desempenho utilizadas.

O Capítulo [3] apresenta os materiais e métodos utilizados na pesquisa. É apresentada a infra-estrutura da rede utilizada que envolve as redes do POP-SC, POP-UFSC, redeUFSC e RMAV-FLN. A descrição dos equipamentos e as configurações realizadas caracterizam a topologia física e lógica. Também estão relacionadas e comentadas as ferramentas de avaliação (interoperação e monitoração) utilizadas, neste trabalho.

Os experimentos de interoperabilidade e conformidade das entidades MPOA são apresentados no Capítulo [4]. A descrição do ambiente de trabalho mostra os equipamentos utilizados nos experimentos, assim como, suas características específicas ao serviço MPOA. Os experimentos de interoperabilidade mostram a interoperação dos clientes MPOA de diferentes fabricantes. Nos experimentos de conformidade as

---

características dos equipamentos são confrontadas com as declarações de conformidade da implementação do protocolo MPOA.

O Capítulo [5] apresenta os experimentos utilizados para avaliação do desempenho da rede no ambiente estudado. A avaliação de desempenho é feita através da avaliação estatística dos dados obtidos na geração e monitoração do tráfego em três cenários distintos, os quais objetivam a estimar o desempenho variando o tamanho da infra-estrutura .

Os aspectos de segurança observados nos protocolos LANE e MPOA são discutidos no Capítulo [6]. Onde são mostradas as deficiências na segurança do protocolo LANE e a extensão de autenticação do MPOA, conforme a especificação MPOA.

Como abordagem alternativa ao MPOA no Capítulo [7] são apresentadas algumas características do protocolo MPLS, que vêm de encontro com as necessidades do MPOA.

As conclusões do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros são apresentadas no Capítulo [8].

---

## 2. Conceitos Básicos

---

Para se entender o funcionamento do Multi-Protocolo sobre ATM (MPOA) faz-se necessário, primeiramente, apresentar os conceitos de requerimentos fundamentais que são exigidos pelo MPOA. Neste capítulo serão apresentados os Protocolos de Sinalização ATM, LANE – LAN *Emulation* e *Next-Hop Resolution Protocol* (NHRP).

### 2.1. Protocolos de Sinalização ATM

Sinalizar é o ato de comunicar-se por sinais em tempo real. Um sinal é um símbolo ou meio de comunicação acordado ou entendido pelas entidades envolvidas de forma a trocar informações ou comandos entre as entidades comunicantes [CERUT/99].

Em redes de comunicação, a sinalização permite aos usuários comunicarem seus requerimentos de serviços para a rede (sinalização usuário-rede). Da mesma forma, a sinalização permite que os dispositivos de rede (comutadores, servidores) troquem, entre si, todos os tipos de informações necessárias para manter a rede e dar suporte ao tráfego dos usuários (sinalização rede-rede), [CERUT/99].

Conforme [CISCO850] os protocolos de sinalização no ATM podem alterar de acordo com a interface e o tipo de rede ATM, privada ou pública. Estas interfaces podem ser:

- Interface de Rede de Usuário (*User Network Interface* – UNI), utilizada entre comutadores e sistemas finais ATM, bem como entre dois comutadores ATM;
- Interface de Rede-a-Rede (*Network to Network Interface* – NNI), utilizada entre comutadores ATM.

A especificação UNI do ATM *Forum*, foi baseada no protocolo de sinalização para redes públicas Q.2931 desenvolvida pelo *International Telecommunications Union* (ITU-T9 [Q.2931/95]. O protocolo Q.2931 especifica os procedimentos para o estabelecimento, manutenção e finalização das conexões em uma interface de rede de usuário *Broadband Integrated Service Digital Network* (B-ISDN), sendo que estes procedimentos são definidos em termos de trocas de mensagens. Estas mensagens possuem informações como: *setup*, *call proceeding*, *release* e *information elements* (IE), que incluem endereços e QoS.

---

A especificação UNI é composta por dois agrupamentos: a UNI 3x e a UNI 4.0. A UNI 3x, consiste de dois conjuntos de especificações interoperantes: a UNI 3.0 e UNI 3.1. A UNI 4.0 inclui a especificação UNI 3.x e adiciona novas características não suportadas pela UNI 3.x.

A sinalização UNI 3.0 possui características, tais como: sinalização para conexões ponto-a-ponto e conexões ponto-a-multiponto e suporte para largura de banda com tráfego simétrico e assimétrico. A UNI 3.1 inclui a UNI 3.0, porém, com alterações que estão de acordo com o ITU-T. A UNI 4.0 é um super conjunto da UNI 3.1 e tem características como:

- Sinalização *Anycast* – permite a solicitação de conexões e registros de endereço para grupos de endereços, onde o grupo de endereços pode ser compartilhado entre múltiplos sistemas finais. O grupo de endereços pode representar um serviço particular como, por exemplo, um servidor de nomes ou de configuração;
- Sinalização explícita de parâmetros de QoS – Atraso máximo de transferência de células (MCTD); variação do atraso pico-a-pico (ppCDV); taxa de células perdidas (CLR) podem ser sinalizadas através da UNI para circuitos virtuais comutados (SVCs), taxa de bit constante (CBR) e taxa de bit variável (VBR);
- Sinalização para conexões taxa de bit disponível (ABR), ou seja, muitos parâmetros podem ser sinalizados para criar as conexões ABR;
- UNI Virtual –Disponibilizada para usar uma UNI física com múltiplos canais de sinalização, como por exemplo, estações finais que podem ser conectadas através de um multiplexador; sendo que este multiplexador se conecta via UNI a um comutador ATM. Neste caso, há múltiplos canais de sinalização que são usados pelas estações finais, mas sendo que há somente uma UNI, ou seja, a UNI virtual.

## 2.2. Serviço de Emulação de Redes – LANE

LAN *Emulation* (emulada) é um padrão definido pelo ATM *Forum* [LANE21/95] que possibilita a emulação de LANs (*Ethernet*/IEEE 802.3 ou 802.5 *Token Ring* do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) sobre uma rede ATM. Uma LAN emulada provê a comunicação de *frames* de dados entre todos os seus usuários, semelhante a uma LAN física. Podem existir várias LANs emuladas em uma rede ATM, porém, é independente uma da outra, sendo que seus usuários não podem

---

comunicar-se diretamente além dos limites das LANs emuladas. A comunicação entre as LANs emuladas é possível por meio de roteadores ou de *bridges*.

LANs Emuladas são um conjunto de dispositivos conectados ao ATM e a um único serviço LANE. Estes serviços possuem componentes que tratam da resolução de endereços, configuração e *broadcast*. Os componentes podem estar localizados em comutadores ATM e podem ser centralizados ou distribuídos. Os componentes de uma LANE são apresentados como clientes e servidores, conforme descrição abaixo:

#### Cientes

- *LAN Emulation Client* (LEC) – É uma entidade em um sistema final, que faz o encaminhamento dos dados, a resolução de endereços e o registro de endereços MAC com o servidor *LAN Emulation Service* (LES). O LEC fornece uma interface padrão LAN para os protocolos da camada superior em LANs tradicionais.
- *Proxy LEC* - permite estações LANs (tradicionais) a participarem de uma ELAN.

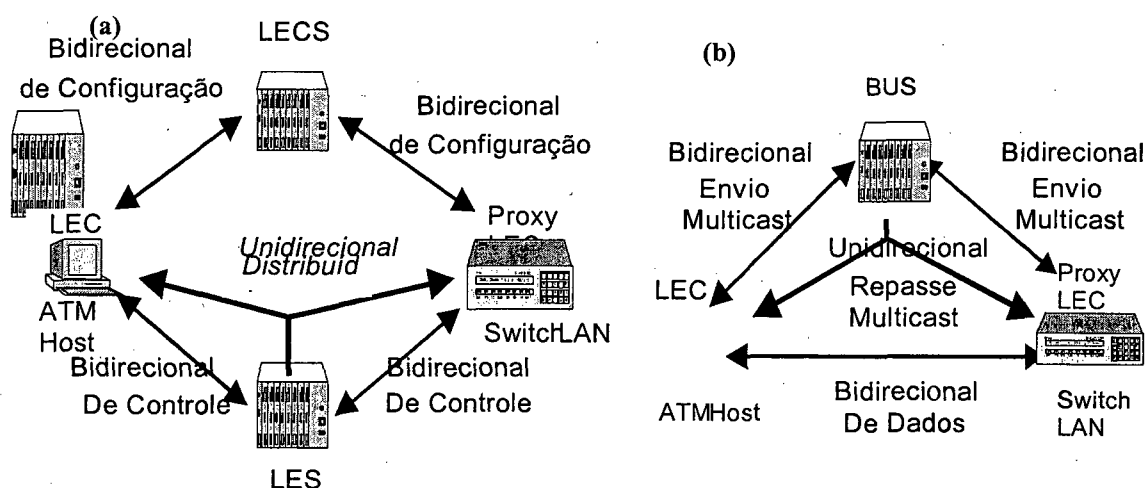
#### Servidores

- *LAN Emulation Server* (LES) – O LES fornece um ponto de controle central para os LECs encaminharem informações de registro e de controle. O LES torna possível o registro e a resolução de endereços MAC e/ou descritores de rotas para endereços ATM. Toda vez que um LEC desejar se conectar a uma determinada ELAN, irá contatar o LES para fazer a resolução do endereço MAC para ATM, uma vez que há somente um LES por ELAN.
  - *Broadcast and Unknow Server* (BUS) – É um servidor de *multicast* utilizado para fluxo de tráfego de endereços de destino desconhecido e para encaminhamento de tráfego de difusão (*broadcast*) e *multicast* aos clientes em uma determinada ELAN. Cada LEC está associado a somente um BUS por ELAN.
  - *LAN Emulation Configuration Server* (LECS) – É um servidor que atribui um LEC a uma LAN emulada, direcionando o LEC ao seu LES. O LECS mantém um banco de dados com o endereço MAC e ATM e suas respectivas LANs emuladas. Um LECS pode servir a múltiplas LANs emuladas, mas porém, deve existir apenas um LECS configurado para cada LANE. O LECS também é usado em questões de segurança, restringindo LECs como membros de determinada ELAN. Esta restrição é baseada no endereço MAC do LEC.
-

## 2.2.1. Tipos de Conexões

### Conexões de Controle

O serviço LAN *Emulation* utiliza dois tipos de conexão de circuito virtual – (VCC): de controle e de dados. Estas conexões são utilizadas para o estabelecimento de conexões entre suas entidades, conforme mostra a Figura 2-1.



**Figura 2-1** Tipos de conexões LANE, (a) Conexões de Controle e (b) Conexões de Dados

- Conexão Bidirecional de Configuração - conexão ponto-a-ponto estabelecida pelo LEC para o LECS, para obter informações de configuração, inclusive o endereço ATM do LES (*Configuration Direct VCC*);
- Conexão Bidirecional de Controle – conexão estabelecida pelo LEC para o LES (*Control Direct VCC*);
- Conexão Unidirecional Distribuída – conexão ponto-multiponto estabelecida pelo LES de volta para o LEC (*Control Distribute VCC*).

### Conexões de Dados

- Conexão Bidirecional de Dados – conexão ponto-a-ponto utilizado entre 2 (dois) LECs que querem trocar dados (*Data Direct VCC*);
- Conexão Bidirecional de Envio *Multicast* – conexão ponto-a-ponto estabelecido pelo LEC para o BUS (*Multicast Send VCC*);
- Conexão Unidirecional de Repasse *Multicast* – conexão ponto-multiponto estabelecida pelo BUS para o LEC (*Multicast Forward VC*).

### 2.2.2. Operações LANE

As operações LANE são descritas a partir dos seus componentes (LEC, LECS, LES/BUS) e tipos de conexões (de controle e dados) nos vários estágios de operação de um LEC, de acordo com a Figura 2-1.

#### Inicialização e configuração

O LEC deve obter seu próprio endereço ATM. Para isto, faz uma conexão bidirecional de configuração para o LECS. O endereço do LECS pode ser obtido usando ILMI, ou o endereço ATM bem-conhecido do LECS, ou ainda usando uma conexão permanente bem-conhecida (VPI=0, VCI=17). Estabelecida a conexão, o LECS informa ao LEC as informações necessárias para conectar-se na ELAN (endereço ATM do LES, tipo da ELAN, tamanho máximo de *frames* e nome da ELAN).

#### Conexão e registro

Uma vez que o LEC obtém o endereço do LES pode desfazer a conexão bidirecional de configuração com o LECS, e então estabelecer uma conexão bidirecional de controle com o LES. O LES define um único identificador do LEC (LECID) para o LEC e registra seus endereços MAC e ATM, e caso o LEC seja um *Proxy* LEC pode registrar outros endereços MAC associado ao LEC. O LES retorna ao LEC uma conexão unidirecional distribuída que pode ser usada pelo LEC para fazer requisições LAN *Emulation Address Resolution Protocol* (LE\_ARP), para mapear um endereço ATM em um endereço MAC. Se o LES conhecer o mapeamento (ATM  $\Leftrightarrow$  MAC), pode escolher retornar diretamente pela conexão bidirecional; caso contrário, repassará a requisição pela conexão unidirecional distribuída para solicitar a resposta do LEC que conhece o endereço MAC requisitado.

Para completar a conexão e registro, o LEC usa o mecanismo LE\_ARP para determinar o endereço BUS. O LEC envia um LE\_ARP do endereço *broadcast* para o LES, o qual responde a solicitação. O LEC estabelece uma conexão bidirecional de envio *multicast* para o BUS, e este repassa uma conexão unidirecional de repasse *multicast* para o LEC, adicionando o LEC como uma conexão ponto-multiponto.

#### Transferência de dados

Enquanto o LEC espera pela resposta de seu LE\_ARP do LES, o LEC envia também pacotes para o BUS, usando um encapsulamento definido. O BUS escoará os pacotes para todos os LECs.

---

Se um LE\_ARP é recebido, o LEC estabelece uma conexão bidirecional de dados para o nodo destino, e usa esta conexão para transferir dados. Antes disto, o LEC deve usar o procedimento *'flush'* para verificar se todos os pacotes enviados, anteriormente, para o BUS foram entregues no destino a priori. Se não receber resposta para o LE\_ARP, o LEC continuará enviando pacotes para o BUS. O LEC armazena localmente o mapeamento de qualquer endereço MAC para ATM que conheceu com as requisições LE\_ARPs. O BUS também é usado pelo LEC para pacotes *broadcast* e *multicast*, que são repassados para todos os LECs.

### 2.3. Protocolo NHRP

O *Next Hop Resolution Protocol* (NHRP), padronizado pelo *Internet Engineering Task Force* (IETF), possibilita o estabelecimento de uma conexão de Circuito Virtual Comutado – (SVC) direto através de uma sub-rede IP em um domínio ATM [NHRP2332/98].

O NHRP é composto de um servidor denominado *Next Hop Resolution Protocol Server* (NHS) e pelo cliente, denominado *Next Hop Resolution Protocol Client* (NHC). O NHS, geralmente, está localizado junto com um roteador ou dispositivo de borda, agindo também como entidade que realiza o serviço NHRP dentro de uma nuvem *Non-Broadcast Multiple-Access* (NBMA), que conforme [IP-ATM1932/96] é uma sub-rede com um conjunto arbitrário de estações e roteadores, mas que não possuem um suporte nativo conveniente as facilidades de transmissões sem conexões à múltiplos destinos, como na sub-rede com capacidade de *broadcast* e *multicast*. O NHC é uma entidade que inicia um NHRP *Request* de vários tipos e ordem para obter acesso aos serviços do NHRP [NHRP2332/98].

A Figura 2-1, apresenta de forma simplificada como é realizado o fluxo básico do modelo do protocolo o NHRP:

- O cliente NHRP (NHC-1) registra o seu endereço NBMA com um ou mais servidores NHRP (NHS). No momento que o NHC-1 deseja estabelecer um atalho com o outro cliente NHRP (NHC-2), o NHC-1 envia uma requisição que contém o endereço do destino para o seu servidor NHRP (NHS-1). O NHS-1 verifica se é o servidor do NHC-2, se for, então responde com o endereço NBMA do NHC-2 e assim o NHC-1 estabelece uma conexão de circuito virtual direto com o NHC-2. Se



NHS-1 não for o servidor do NHC-2, o NHS-1 encaminha a requisição para o próximo servidor NHRP, neste caso, o NHS-2, continua este encaminhamento até que a requisição seja atendida ou é finalizada quando o cliente NHRP destino não é alcançado.

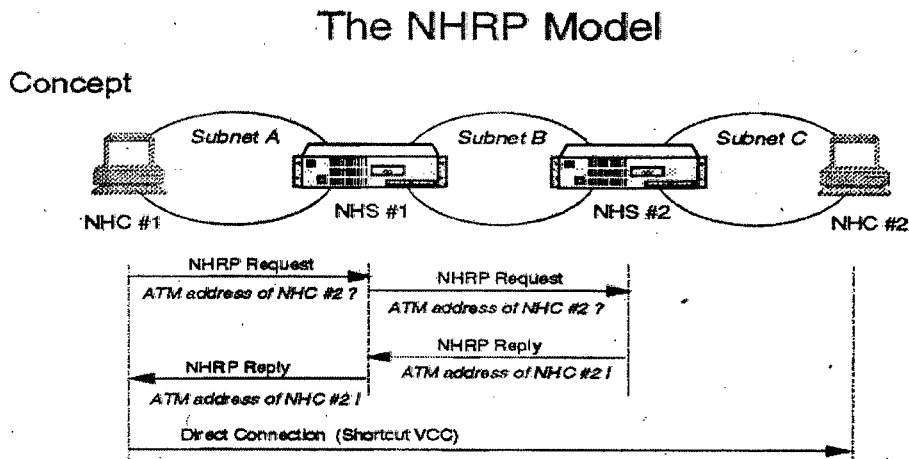


Figura 2-1 - Modelo do *Next Hop Resolution Protocol*.

## 2.4. Serviço de Multi-Protocolos sobre ATM - MPOA

Multi-Protocolo sobre ATM é um recurso definido pelo *ATM Forum* que tem como objetivo a transferência eficiente de dados *unicast* entre as sub-redes em um ambiente LANE. O MPOA integra LANE e NHRP para manter as vantagens do LANE, permitindo que os protocolos da camada de rede se comuniquem através de uma conexão de canal virtual sem ter a necessidade de roteadores no caminho dos dados. MPOA fornece um *framework* eficiente, sintetizando roteamento e *bridging* com ATM em um ambiente de diversos protocolos, tecnologias de redes e o padrão IEEE 802.1 que trata das LANs virtuais. O objetivo desse *framework* é dispor um modelo para sobrepor os de protocolos de rede (camada 3 do modelo OSI) sobre uma base ATM de transmissão de dados. Com o uso do MPOA tem-se a possibilidade de usar tanto informações de *bridging* de roteamento, para localizar a melhor saída de uma rede ATM. Através do MPOA é possível que exista uma separação física do cálculo das rotas e das transmissões dos dados, esta técnica é conhecida com roteamento virtual [MPOA114/99].

### 2.4.1. MPOA em Ambiente LAN *Emulation* e *Classical IP*

De acordo com [SHURAN/99], os administradores de rede que estão implantando o MPOA devem fazer uma escolha em usar o MPOA no ambiente com LAN *Emulation* ou *Classical IP*. Para esta decisão um dos pontos relevantes é saber qual tipo de tráfego em potencial irá trafegar na rede. Se o desempenho é o fator principal e se, somente pacotes IP serão transportados, então o *Classical IP* pode ser a melhor escolha. Porém, se mais do que um protocolo está sendo implementado na camada de rede, então a LANE é única solução viável para usar o MPOA.

A grande importância da LAN *Emulation* é que permite aos administradores de rede considerarem o ATM como uma tecnologia de ponte (*bridged*) para comunicação entre as LANs tradicionais. *Classical IP* por outro lado, trata o ATM como uma ligação ponto-a-ponto entre as estações ou roteadores, igual a um circuito WAN [SCHMIDT/98].

### 2.4.2. Roteamento Virtual

O modelo de rotas virtuais é padronizado desde a versão 1.0 da especificação do Multi-Protocolo sobre ATM. A Figura 2-1, mostra o modelo de roteamento virtual MPOA deixando claro que é um modelo baseado na arquitetura cliente/servidor. No roteamento virtual existe uma separação física das funções de roteamento e de encaminhamento de pacotes. Nesta arquitetura, os servidores MPOA (MPSs) têm a função de realizar o cálculo das rotas exatamente como fazem os roteadores convencionais, enquanto os clientes MPOA (MPCs) agem como adaptadores inteligentes distribuídos, que têm a função de fazer o encaminhamento dos pacotes em alta velocidade. A idéia do roteamento virtual é o estabelecimento de uma conexão direta entre MPCs dentro de uma rede ATM, ou seja, o estabelecimento de atalhos.

---

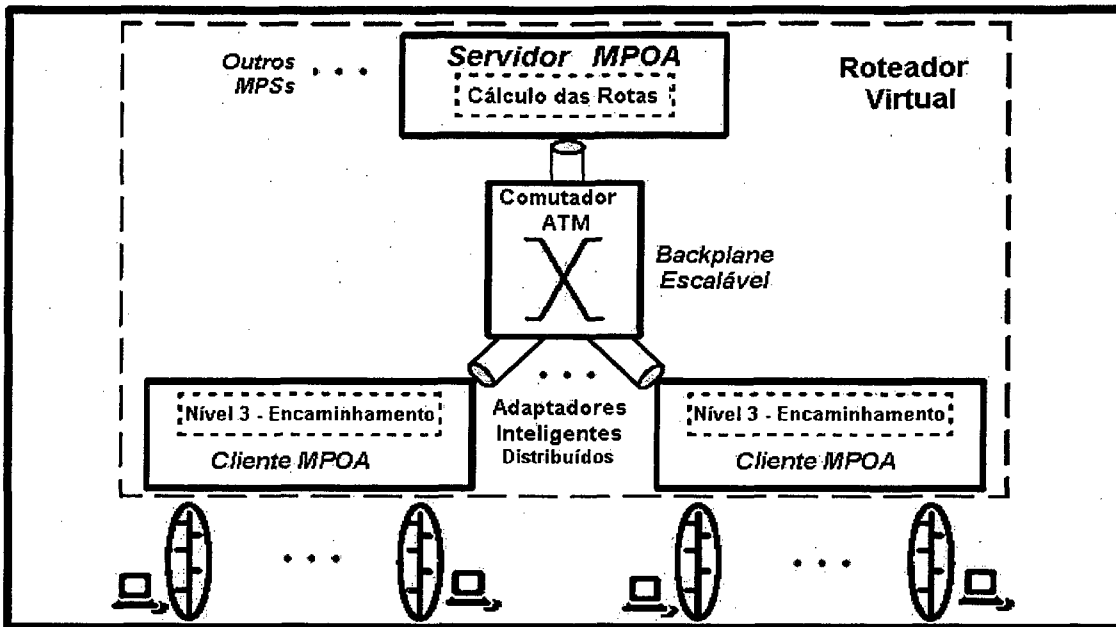


Figura 2-1 - Modelo de rotas virtuais

A Figura 2-2 faz uma comparação entre o modelo de roteamento virtual e o modelo de roteamento convencional.

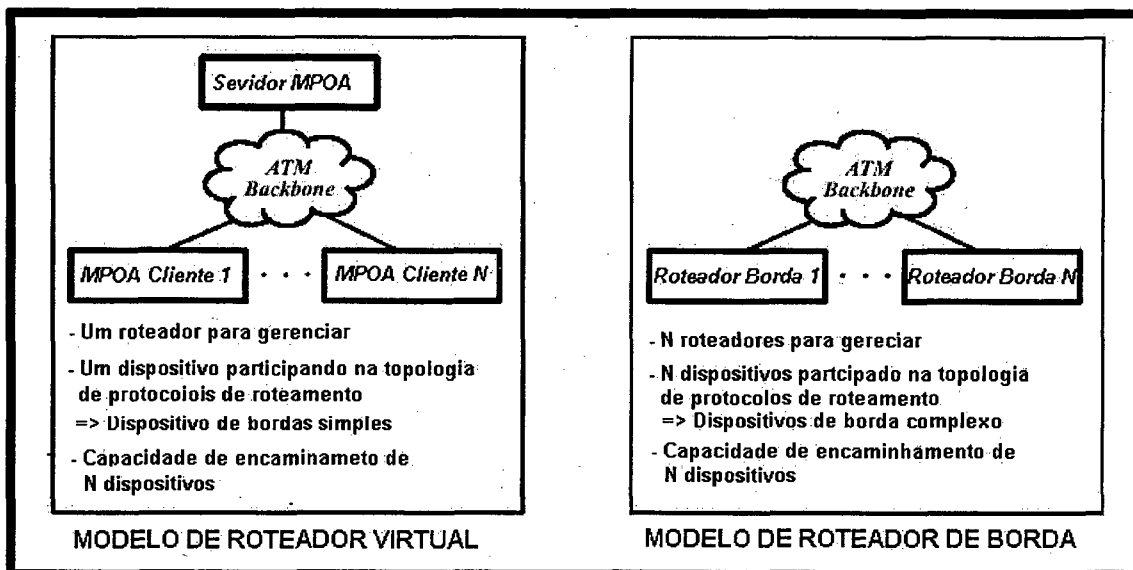


Figura 2-2 – Comparação entre os modelos de roteamento virtual e convencional

As vantagens do roteamento virtual são:

- ✓ Melhor desempenho na rede, devido ao fato das funções de encaminhamento, segmentação e remontagem de pacotes que são realizadas no nível 3 por roteadores convencionais, passam então, a ser realizadas pelos dispositivos de borda;
- ✓ Rede escalável, flexível e confiável, decorrente da não necessidade de roteadores de alta capacidade e, pelo fato de que, os servidores MPOA precisam somente de fluxos de dados iniciais;
- ✓ Administração somente de um roteador virtual;
- ✓ Possibilidade de estabelecimento de canais de circuitos virtuais diretos entre MPCs.

### 2.4.3. Componentes do MPOA

O ATM *Forum* [MPOA114/99], definiu o sistema MPOA baseado na arquitetura cliente/servidor. Sempre que possível, utilizando-se das padronizações existentes, tais como: *LAN Emulation* e NHRP. Multi-Protocolo sobre ATM tem um conjunto de componentes lógicos e fluxos de informações entre seus componentes - Dispositivo de Borda, Cliente MPOA (MPC) e Servidor MPOA (MPS).

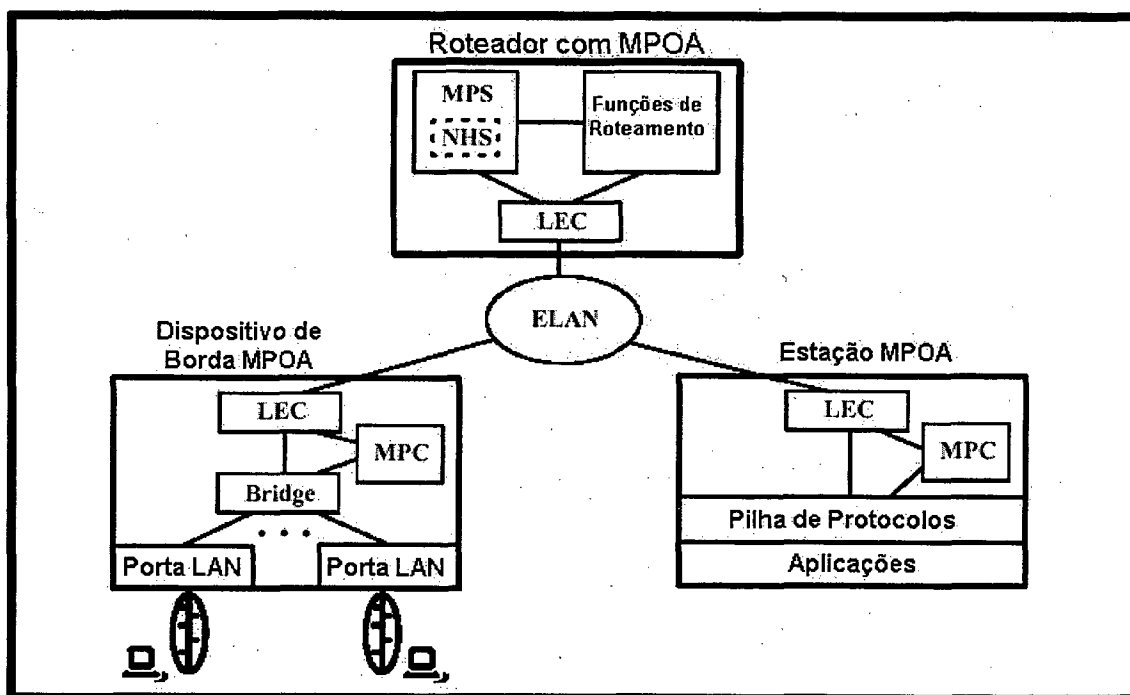


Figura 2-1 – Componentes MPOA

#### Servidor MPOA (MPS)

Um servidor MPOA tem como função fornecer informações de encaminhamento de pacotes e resolução de um endereço do nível 3 para o seu endereço ATM

correspondente, a partir da solicitação do cliente MPOA. Observa-se que os MPSs são responsáveis pelo roteamento de todo o tráfego entre ELANs até que um atalho seja estabelecido.

Conforme [MURHAM/00], os servidores MPOA mantêm um conhecimento completo do endereço MAC e das topologias das camadas inter-redes para o Subgrupo de Endereços de Trabalho Inter-Redes – IASG, que atendem. Para realizar esta tarefa, trocam informações entre si e com os clientes MPOA.

Para atender às solicitações dos clientes, o servidor MPOA interage com o seu servidor NHRP, através das funções de roteamento que visam responder aos clientes informações necessárias para o estabelecimento de atalhos, tais como: resolução de endereços IP e endereços ATM.

#### Cliente MPOA (MPC)

MPCs estão localizados em Dispositivos de Borda ou em estações conectadas no ATM. Sua principal função é agir como um ponto de origem e destino para o estabelecimento de um atalho MPOA sobre uma conexão de canal virtual (VCC) e encaminhar o tráfego de dados inter-redes sobre este VCC, melhorando o desempenho do sistema. Todos os MPCs possuem um LAN *Emulation Client* (LEC), para possibilitar um caminho para a interconexão padrão, ou seja, o caminho *default*.

De acordo com [MURHAM/00] os clientes MPOA mantêm *caches* locais de mapeamentos (desde o prefixo de pacotes até as informações ATM). Esses *caches* são preenchidos requisitando-se a informação do servidor MPOA apropriado, conforme o necessário. O cliente MPOA se conectará a seu servidor MPOA para registrar o endereço ATM do cliente e os endereços do nível 3 que podem ser obtidos via cliente.

#### Dispositivos de borda

É um dispositivo físico capaz de fazer uma ponte (*bridging*) entre interfaces LAN e LAN *Emulation Clients* (LECs). Um dispositivo de borda que contém um ou mais Clientes MPOA, permitindo que encaminhe os pacotes através dos limites das sub-redes, utilizando um protocolo de rede [MPOA114/99].

É importante ressaltar que em uma rede ATM com suporte a MPOA, é freqüente a utilização dos seguintes termos:

- ✓ *Ingress MPC*: O MPC fica monitorando o fluxo de tráfego de dados e, assim que é detectado e se o mesmo ultrapassar a um limite previamente estabelecido pelo
-

administrador da rede, o MPC tenta configurar um atalho através da rede ATM para evitar um ou mais roteadores no caminho dos dados;

- ✓ *Egress MPC*: É o MPC de destino para o qual está sendo estabelecido o atalho. De acordo com a padronização [MPOA114/99], o *egress* adiciona informações no cabeçalho da camada de enlace de dados (DLL) dos pacotes que estão sendo recebidos em um atalho, organizando-os para transmiti-los sobre uma interface LAN;
- ✓ *Ingress MPS*: recebe requisições dos *ingress MPOA Client* para iniciar um atalho MPOA;
- ✓ *Egress MPS*: fornece instruções para que o *egress MPOA Client* possa receber pacotes através de um atalho.

#### 2.4.4. Componentes Funcionais do Multi-Protocolo sobre ATM

Conforme [MURHAM/00], a Figura 2-1 apresenta o mapeamento entre os componentes lógicos e físicos, que são divididos entre as seguintes camadas:

- Camada de Grupo Funcional MPOA
- Camada de Emulação de Rede Local
- Camada Física

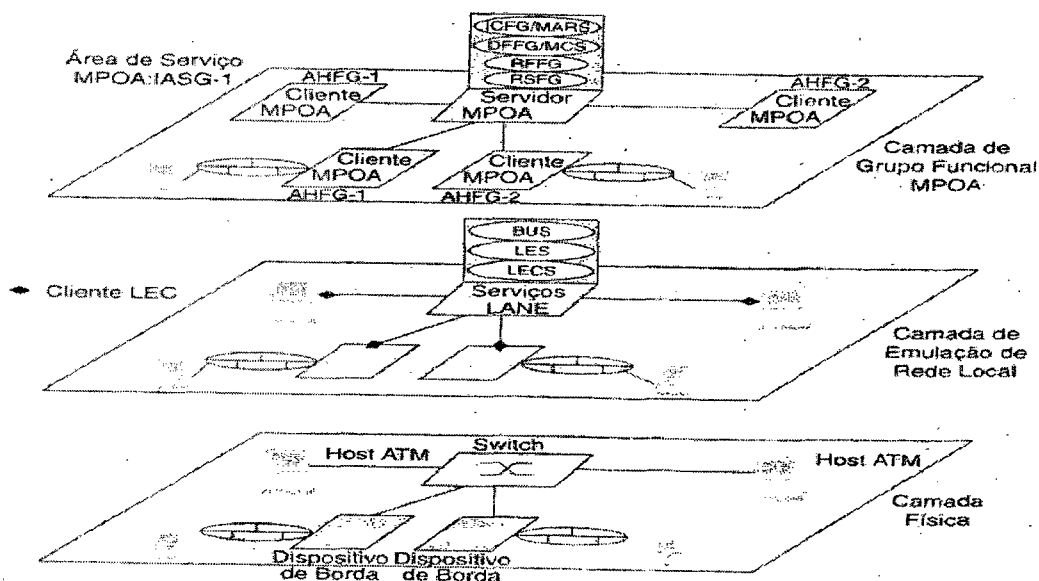


Figura 2-1 – Mapeamento entre os componentes lógicos e físicos

A solução MPOA implementa os seguintes grupos funcionais:

### Subgrupo de Endereços de Trabalho Inter-Redes – IASG

- ✓ Um conjunto de endereços de camadas de inter-redes, por exemplo, uma sub-rede Ipv4. Assim, se um *host* operar dois protocolos de camadas de inter-redes, este *host* será um membro de pelo menos dois IASGs.

### Grupo Funcional de dispositivos de Borda – EDFG

- ✓ Um EDFG implementa o encaminhamento dos pacotes do nível 3, mas não executa nenhum protocolo de roteamento (executados no RSFG).
- ✓ Dois protocolos de um EDFG são permitidos: simples e inteligente.
  - A resolução de requisições de EDFGs inteligentes de endereços de inter-redes, ou seja, enviam um quadro do tipo ARP de consulta se não tiveram uma entrada para o destino.
  - EDFGs simples enviam um quadro através de uma classe padrão para um destino padrão se não houver nenhuma entrada.
- ✓ É necessária uma função LEC de *proxy* co-residente.

### Grupo Funcional de Estações Ligadas ao ATM – AHFG

- ✓ São grupos de funções realizadas por um *host* ligado ao ATM que está participando da rede MPOA;
- ✓ Uma função de LEC *proxy* co-residente é opcional;  
Dentro de um IASG, a emulação de rede local é usada como mecanismo de transporte ou para dispositivos legados ou para dispositivos de emulação de rede local, caso em que o acesso a um LEC é necessário. Se o AHFG não for se comunicar com dispositivos LANE ou legados, então um LEC co-residente não será necessário.

### Grupo Funcional de Coordenação IASG – ICFG:

- ✓ É grupo de funções destinadas a coordenar a distribuição de um IASG único através de várias portas de rede local legadas em um ou mais dispositivos EDFG e/ou ATM. O ICFG guarda a localização dos componentes funcionais, de modo que possa ser capaz de responder às consultas de endereço do nível 3.
  - ✓ Na ausência de conectividade direta cliente para cliente, o DFFG oferece um encaminhamento padrão do tráfego destinado ou para dentro ou para fora do IASG.
-

- Oferece encaminhamento de *multicast* na camada inter-redes em um IASG, ou seja, o DFFG age como um servidor de *multicast* (MCS) em implementações MARS baseadas em MPOA.
- Oferece a função de emulação de rede local *proxy* para AHFG, ou seja, para AHFG que não tem um cliente LANE a fim de habilitar os AHFGs a enviar/receber tráfego de sistemas conectados a uma LAN tradicional.

#### Grupo Funcional de Servidor de Roteador – RFSG

- ✓ Realiza funções de grupos de sistemas intra-rede em uma rede MPOA. Isso inclui:
  - Executar protocolos de roteamento intra-redes convencionais, como por exemplo, OSPF, RIP e BGP;
  - Oferecer resolução dos endereços entre IASGs, tratar as requisições e elaborar as respostas.

#### Grupo Funcional de Direcionador Remoto – RFFG

- ✓ É um grupo de funções executadas em associação com o encaminhamento de tráfego de uma origem para um destino, onde estes podem ser um IASG ou um cliente MPOA. Um RFFG é sinônimo de uma típica sub-redes Ipv4, com a função de roteador padrão.

### **2.4.5. Fluxos de Controle e Fluxos de Dados**

A solução MPOA envolve dois tipos de fluxo de informações: de configuração e de dados. Conforme [MPOA114/99], todos os dados são transportados sobre VCCs ATM usando encapsulamento LLC/SNAP (RFC 1483). Existem quatro tipos de fluxos de controle no MPOA:

- Fluxo de configuração;
- Fluxo de controle entre MPC e MPS;
- Fluxo de controle entre MPS e MPS;
- Fluxo de controle entre MPC e MPC.

No MPOA os fluxos de configuração são usados entre MPSs e MPCs para a comunicação com LAN *Emulation Configuration Server* para obterem informações de configuração. Já os fluxos de controle entre MPC e MPS são usados para pelo MPC para o gerenciamento do *cache*, sendo que os mecanismos MPOA *resolution request* e *replay* permitem ao *ingress* MPC obterem informações dos atalhos.



Os fluxos de dados da solução MPOA são de dois tipos:

- ✓ Fluxo de dados entre MPC e MPC: são usados para a transferência de dados entre si, sobre os atalhos estabelecidos;
- ✓ Fluxo de dados entre MPC e NHS: são utilizados para a troca de dados *unicast* entre si.

#### 2.4.6. Operações MPOA

No ambiente Multi-Protocolo sobre ATM, para a criação e o estabelecimento de um atalho VCC entre estações de diferentes ELANs são necessárias as seguintes operações:

- Configuração

Esta operação é utilizada para obter as informações de configurações mais apropriadas. Tanto os MPCs quanto os MPSs requerem uma configuração. De acordo com a padronização, os componentes do MPOA restauram seus parâmetros de configuração a partir do LAN *Emulation Configuration Service* (LECS). Além da configuração via LECS, estes componentes MPOA podem obter a configuração através de outros mecanismos, tais como manipulação de inclusões na MPOA.MIB;

- Registro e Descoberta

Para diminuir a complexidade operacional, os componentes MPOA (MPCs e MPSs) automaticamente descobrem a existência um do outro usando extensões do protocolo LANE LE\_ARP, que possui informações, como o tipo do dispositivo (MPC ou MPS) e o endereço ATM. Estas informações são obtidas dinamicamente e usadas quando necessárias. Uma vez que estas informações podem ser alteradas, devem ser verificadas periodicamente;

- Resolução de destino

A resolução do endereço de destino usa um protocolo estendido do NHRP *Resolution Request*, para permitir que os MPCs determinem o endereço ATM da estação de destino através de um atalho;

- Gerenciamento da Conexão

A operação de gerenciamento da conexão é importante pelo fato de realizar a função de criação, manutenção e a finalização de VCCs para a transferência de mensagens controle e dados em uma rede ATM.

---

### ▪ Transferência de dados

O principal objetivo da solução MPOA é uma transferência eficiente de dados. Para atingir este objetivo, existem dois modos de operação: fluxo de dados, através do caminho *default* e o fluxo de dados, através de um atalho.

- ✓ Caminho *default*: o dispositivo de borda atua como uma *bridge* sendo que o fluxo dos pacotes é enviado por meio do roteamento padrão na rede ATM;
- ✓ Através de Atalhos: o dispositivo de borda atua como um roteador, ou seja, encaminha os pacotes por meio de um atalho.

## 2.5. Gerenciamento de Redes

O objetivo desta seção é descrever e apresentar aspectos importantes que devem ser considerados no universo das redes de computadores, da comunicação de dados e das telecomunicações. Estes aspectos dizem respeito ao gerenciamento e a administração dessas redes. A gerência possui subsídios para permitir a monitoração, o controle e a coordenação do uso dos recursos físicos e lógicos no ambiente das redes, gerando informações gráficas ou numéricas, em tempo real, das alterações na topologia e no tráfego da rede. Desta forma, o gerenciamento permite auxiliar os administradores humanos na monitoração, na manutenção e na identificação e solução de problemas da rede, para melhor poderem atender aos usuários no que se refere a ter um acesso consistente e de confiança aos recursos da rede.

### 2.5.1. Áreas Funcionais de Gerência

A Organização Internacional de Padronização – ISO, definiu em 1984 [DOWNES/00], áreas funcionais de gerenciamento de redes no modelo das sete camadas da Interconexão de Sistemas Abertos – OSI, que é considerado o principal modelo de arquitetura primário para a comunicação entre computadores. As áreas funcionais definidas são:

- ✓ Falhas - Responsável pela detecção, isolamento, registro, notificações aos usuários, correção das operações irregulares, bem como corrigir o problema automaticamente. Conforme [SPECI/00], a falta de um recurso também pode ou não ocasionar uma falha. O gerenciamento de falhas pode ser reativo ou pró-ativo. O gerenciamento
-

pró-ativo de falhas (muitas vezes tratado como gerenciamento de faltas), busca evitar a ocorrência de falhas no sistema gerenciado;

- ✓ Contabilização - Dispõe de meios para que possa ser quantificado o uso dos recursos gerenciados para que os usos individuais ou em grupos possam ser negociados de forma adequada e para que possam ser calculados os custos dessa utilização. De acordo com [DOWNES/00], a primeira etapa da contabilização é medir a utilização de todos os recursos importantes da rede. A análise dos resultados proporcionará conclusões a respeito dos padrões de uso atuais, permitindo então o estabelecimento de cotas de uso. Correções devem ser feitas para alcançar os melhores métodos para acesso. A partir desse ponto, a medição contínua do uso de recursos poderá fornecer informações sobre custos, além de informações para avaliar a contínua utilização adequada e otimizada dos recursos;
  - ✓ Configuração - Define os meios utilizados para identificar, coletar dados, supervisionar e controlar a configuração dos componentes do ambiente OSI, no sentido de garantir a operação contínua do serviço de comunicação [SOARES/95]. A configuração é responsável por detectar e controlar o estado da rede (tanto para configurações lógicas quanto físicas) [FRANC/96].
  - ✓ Desempenho - Permite medir e avaliar o comportamento dos recursos gerenciados. Através da gerência de desempenho é possível verificarmos a taxa de erro, utilização da largura de banda disponível, a vazão o tempo de resposta dentre outros. Conforme [DOWNES/00], a gerência de desempenho envolve três etapas principais. Na primeira etapa, os dados de desempenho são coletados em variáveis que interessam aos administradores da rede. Na segunda etapa, os dados são analisados para determinar os níveis de normalidade (linha base). Por fim, limites apropriados de níveis de desempenho são determinados para cada variável importante, de forma que, se algum desses limites for ultrapassado, será indicado um problema na rede a ser verificado. Também é descrito que, cada uma das etapas citadas faz parte do processo para configuração de um sistema reativo, mas que também é possível dentro da gerência de desempenho a utilização de métodos pró-ativos. Por exemplo: a simulação pode ser usada para projetar como o crescimento da rede irá afetar o padrão métrico de desempenho. Essa simulação poderá alertar aos administradores para impedir problemas iminentes, adotando medidas adequadas.
-

### 2.5.2. Bases de Informações Gerenciais

A seguir são mencionados os documentos do ATM *Forum* e do IETF que padronizam os protocolos relacionados ao escopo deste trabalho. O Quadro 2-1 contém a padronização LANE e MPOA e no Quadro 2-3 são as RFCs relevantes ao MPOA. O Quadro 2-4 e o Quadro 2-5 são referentes a estudos preliminares (*drafts*) no contexto do MPOA e MPLS.

**Quadro 2-1 – Especificações LANE e MPOA do ATM *Forum***

Especificação	Nº da Especificação	Data
LAN <i>Emulation Over ATM</i> 1.0	Af-lane-0021.000	Janeiro 1995
LAN <i>Emulation Client Management Specification</i>	Af-lane-0038.000	Setembro 1995
LANE 1.0 <i>Addendum</i>	Af-lane-0050.000	Dezembro 1995
LANE <i>Servers Management Spec</i> v1.0	Af-lane-0057.000	Março 1996
LANE v2.0 LUNI <i>Interface</i>	Af-lane-0084.000	Julho 1997
LAN <i>Emulation Client Management Specification Version 2.0</i>	Af-lane-0093.000	Outubro 1998
LAN <i>Emulation Over ATM Version 2 – LNNI Specification</i>	Af-lane-0112.000	Fevereiro 1999
<i>Multi-Protocol Over ATM Specification</i> v1.0	Af-mpoa-0087.000	Julho 1997
<i>Multi-Protocol Over ATM Version 1.0 MIB</i>	Af-mpoa-0092.000	Julho 1998
<i>Multi-Protocol Over ATM Specification, Version 1.1</i>	Af-mpoa-0114.000	Mai 1999
MPOA v1.1 <i>Addendum on VPN Support</i>	Af-mpoa-0129.000	Outubro 1999

**Quadro 2-2 MIB MPOA**

MIB	Versão	Data
MPOA	1.1	Mai 1999

A Base de Informações de Gerenciamento (*Management Information Base – MIB*) para gerenciamento de clientes e servidores MPOA, esta disponível no [Anexo – Descrição da MIB MPOA].

**Quadro 2-3 - RFCs definidas pelo IETF**

Nº	RFCs	Data
rfc2281	<i>Cisco Hot Standby Router Protocol (HSRP)</i> ; T. Li, P. Morton, D. Li	Março 1998
rfc2334	<i>Server Cache Synchronization Protocol (SCSP)</i> . J. Luciani, G. Armitage, J. Halpern, N. Doraswamy	Abril 1998
rfc2338	<i>Virtual Router Redundancy Protocol</i> ; S. Knight, D. Weaver, D. Whipple, R. Hinden, D. Mitzel, P. Hunt, P. Higginson, M. Shand, A.	Abril 1998

	Lindem	
rfc2677	<i>Definition of Managed Objects for the NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP)</i> ; M. Greene, J. Cucchiara, J. Luciani	Agosto 1999

**Quadro 2-4 - Drafts para o padrão ATM Forum**

<i>Drafts</i>	Situação	Data
MPOA <i>Addendum for Frame Relay Links</i>	Em progresso	Mai 2000
MPOA v1.1 <i>Addendum for QoS</i>	Em progresso	Mai 2000

**Quadro 2-5 - Drafts das RFCs MPLS do IETF**

<i>Drafts</i>	Nome	Data
<i>A Framework for Multiprotocol Label Switching</i>	Draft-ietf-mpls-framework-02.txt	Setembro 1999
<i>Multiprotocol Label Switching Architecture</i>	Draft-ietf-mpls-arch-02.txt	Agosto 1999
<i>LDP (Label Distribution Protocol) Specification</i>	Draft-ietf-mpls-ldp-02.txt	Outubro 1999
<i>MPLS Using ATM VC Switching</i>	Draft-ietf-mpls-atm-01.txt	Abril 1999

### 2.5.3. Métodos de Avaliação de Desempenho

O ATM Forum disponibilizou uma série de testes práticos para verificar se os serviços e dispositivos ATM estão de acordo com as especificações dos protocolos. Na especificação af-022.000 [BUELH022/94] são apresentadas três diferentes áreas de testes, bem como o relacionamento entre estas áreas:

- ✓ Conformidade - avaliar uma implementação para verificar se está de acordo com a especificação do protocolo;
- ✓ Interoperabilidade - comparar uma implementação com outras, sem se importar com a especificação do protocolo;
- ✓ Desempenho - avaliar uma implementação com diferentes tipos de tráfego e balanceamento de carga para quantificar os níveis aceitáveis.

A avaliação do desempenho de sistemas computacionais pode ser requerida a partir do momento em que se apresente a necessidade de se obter a melhor performance do sistema, ou mesmo na busca de como manter a melhor performance na rede. Em [JAIN/91] são apresentadas três técnicas para avaliação de desempenho de sistemas: **modelo analítico, simulação e medição**. As características dessas técnicas são mostradas no Quadro 2-6.

**Quadro 2-6 - Critérios de seleção da técnica de Avaliação de Desempenho**

Critério	Modelo Analítico	Simulação	Medição
1. Estágio	Qualquer	Qualquer	Depois do protótipo
2. Tempo necessário	Pequeno	Médio	Variado
3. Ferramentas	Analistas	Linguagem de simulação	Instrumentação
4. Confiabilidade	Baixa	Moderada	Variada
5. Custo	Baixo	Médio	Alto

O modelo analítico é uma técnica que exige muito do analista, e pode ser criada através de equações matemáticas, teoria de filas, etc. A simulação é uma técnica que frequentemente está mais próxima da realidade, possibilitando procurar combinações mais adequadas para os parâmetros de um determinado sistema. A técnica de medição é a realidade propriamente dita; com os dados coletados é possível concluir sobre o comportamento do ambiente, detectar falhas e prevenir futuros problemas.

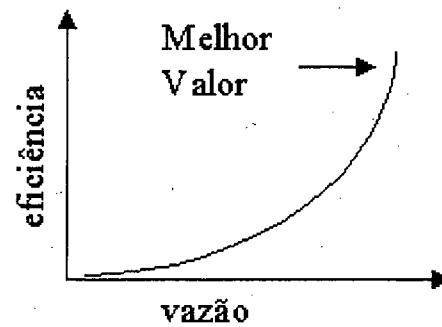
### 2.5.3.1. Métricas de Desempenho

Existem várias métricas que permitem medir o desempenho de um sistema computacional como, por exemplo: métricas de níveis de serviço (como tempo de resposta e número de transações), e métricas de consumo de recursos (como CPU, memória e disco). Em se tratando do desempenho da rede de computadores, são descritas a seguir duas métricas básicas:

- ✓ **Vazão** – é a taxa na qual os pedidos são atendidos/servidos pelo sistema. Por exemplo, no caso de uma interface de rede, é a quantidade de pacotes por segundo transmitidos por unidade de tempo. Essa taxa pode ser medida em pacotes por segundo (pps) ou bits transmitidos por segundo (bps). A vazão pode, normalmente, aumentar ou diminuir conforme a carga do sistema. A capacidade nominal é a vazão máxima sob condições de carga ideal e, em redes de computadores é conhecida como largura de banda. A capacidade útil do sistema é determinada a partir da definição do tempo de resposta máximo e calcula-se a vazão para este limite.

A eficiência do sistema é determinada pela razão entre a capacidade útil do sistema e a capacidade nominal (largura de banda):

$$\text{eficiência} = \frac{\text{capacidade útil do sistema}}{\text{largura de banda}}$$

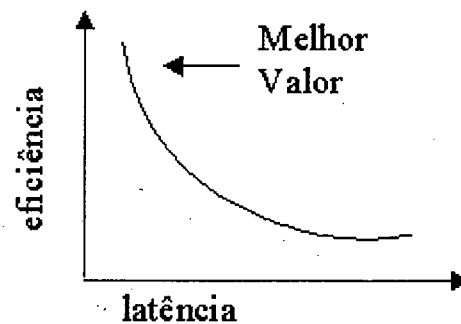


**Figura 2-1 – Relação entre vazão e sua eficiência, onde a vazão é diretamente proporcional a sua eficiência.**

▪ **Latência** – é o tempo em que um pacote leva para trafegar de um ponto para outro, fim-a-fim, em uma rede [SHURAN/99]. O termo latência também é definido na RFC 1242 [BRADN/91], como Terminologia de *Benchmarking* para Equipamentos de Interconexão de Rede.

Vários fatores influenciam a determinação da latência [SHURAN/99]:

- distância geográfica;
- vazão;
- o tamanho do pacote;
- a carga de trabalho na rede;
- protocolos [TANEN/96]; e
- interfaces de rede [TANEN/96].



**Figura 2-2 – Relação entre a latência e sua eficiência, onde a latência é inversamente proporcional à eficiência do sistema**

### 3. Materiais e Métodos

Este capítulo descreve os materiais e métodos utilizados na pesquisa. É apresentada a infra-estrutura da rede utilizada que envolve as redes do POP-SC, POP-UFSC, redeUFSC e RMAV-FLN. A descrição dos equipamentos e as configurações realizadas caracterizam a topologia física e lógica. Também estão relacionadas e comentadas as ferramentas de avaliação (interoperação e monitoração) utilizadas.

#### 3.1. Infra-estrutura da Rede

A estrutura principal do ambiente de teste utiliza equipamentos ATM que conectam as redes: POP-SC (Ponto de Presença da Rede Nacional de Pesquisa em Santa Catarina – RNP), POP-UFSC (Ponto de Presença da Rede Catarinense na UFSC), redeUFSC e Cluster da UFSC e RMAV-FLN (Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis). As conexões são de interfaces (IISP) com 155 Mbps, conforme Figura 3-1.

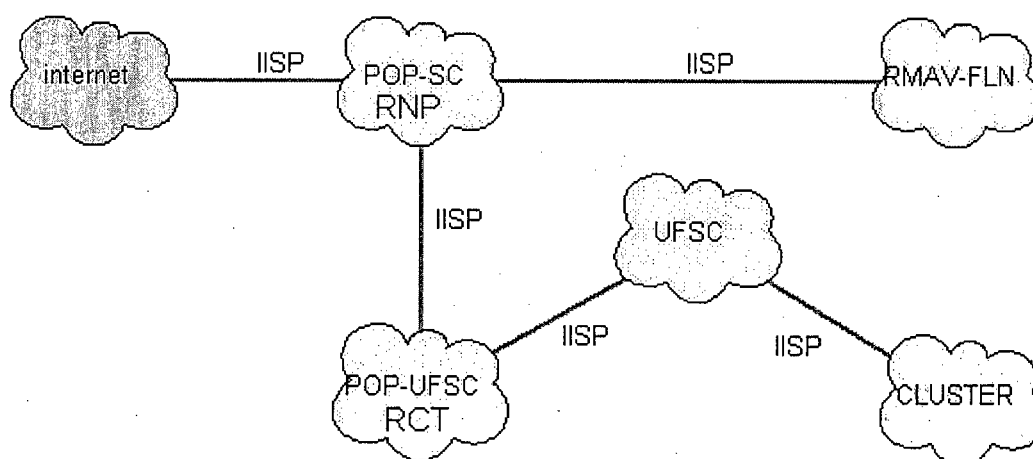


Figura 3-1 – Backbone Central ATM

A rede do POP-SC tem a função de prover serviço de acesso ao *backbone* da RNP, enquanto que o POP-UFSC provê acesso ao *backbone* da Rede de Ciências e Tecnologia de Santa Catarina (RCT-SC). A redeUFSC possui um *backbone* ATM próprio, permitindo acesso aos diversos departamentos técnicos e administrativos da UFSC. Em paralelo ao *backbone* da rede UFSC, está a rede Cluster que tem por objetivo avaliar novas tecnologias associadas às aplicações de multimídia e processamento paralelo. A RMAV-FLN conecta, além da UFSC, outras três



instituições: Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de Santa Catarina / Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (CLIMERH/EPAGRI) e Empresa de Telecomunicações de Santa Catarina (TELESC).

### 3.1.1. Topologia Física

O ambiente de teste é suportado pelo *backbone* ATM, utilizando os equipamentos das redes relacionados anteriormente. A Figura 3-1 apresenta a topologia do ambiente de testes para a realização dos experimentos MPOA. Observa-se que o ambiente é composto pelos seguintes equipamentos:

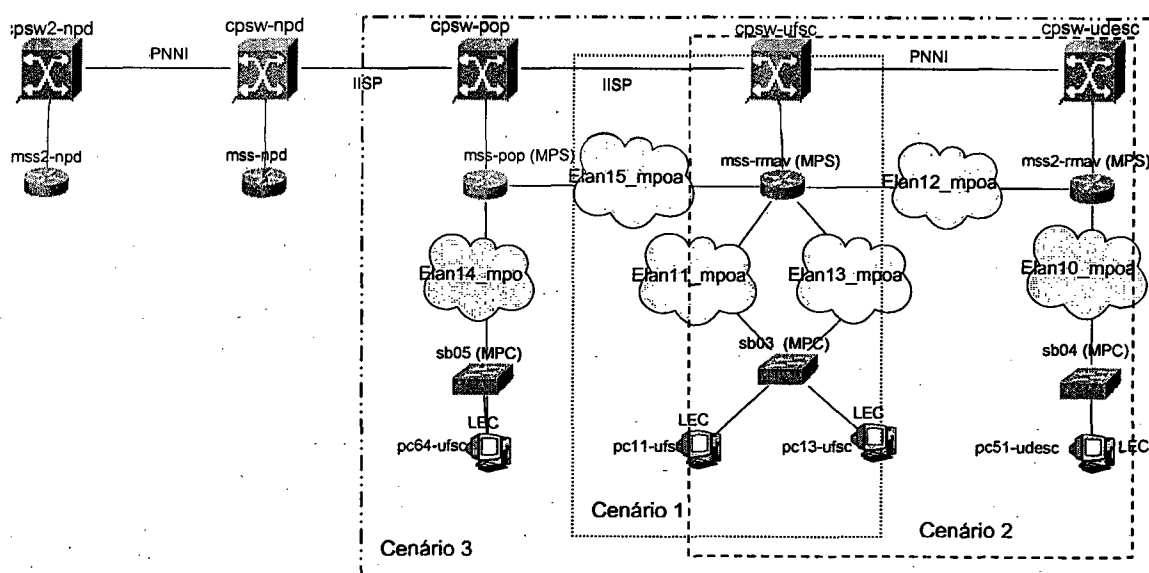
- **Comutador ATM de Núcleo IBM 8265:** Sua arquitetura é aberta, sendo desenvolvido para redes com *backbones* ATM que requerem alta capacidade, alta densidade e alta confiabilidade. O IBM 8265 possui solução integrada de comutação ATM/Ethernet, possuindo características para plataformas de redes multi-serviço, ou seja, portas com capacidade para 56 OC-3 e 14 OC-12, interfaces WAN T1/E3 e *Frame Relay* para interconexão com ATM;
  - **Comutador de Borda IBM 8371:** é um comutador de borda ATM/Ethernet, com 16 portas que possui velocidades padronizadas em 10/100 Base-TX, com negociação automática para *Fast Ethernet*. O IBM 8371 utilizado foi o *Multilayer Ethernet Switch*, que é desenvolvido para ser acoplado junto ao *backplane* do comutador de núcleo CPSW 8265. O comutador IBM 8371 tem suporte aos protocolos de roteamento IP e IPX, funções LANE (LEC) e MPOA. O IBM 8371 possui um importante conjunto de comandos para configurar e monitorar o MPOA, sobretudo obter informações detalhadas sobre os atalhos estabelecidos.
  - **IBM 8210 MSS:** é um roteador desenvolvido para redes com *backbones* ATM de alta velocidade. O IBM 8210 MSS está disponível em dois modelos *standalone box* e como um módulo que é acoplado no comutador CPSW 8265. O IBM 8210 MSS oferece capacidades para os principais protocolos de roteamento, tais como: IP, IPX, RIP e OSPF, além de interagir com o ambiente LAN. Para esta interação são utilizados os padrões do ATM Fórum, LANE e *Classical IP* (RFC 1577). Em se tratando do LANE, o IBM 8210 MSS pode atuar como cliente (LEC) e como servidor de (LECS, LES e BUS), emulando de forma transparente uma rede
-

*Ethernet* ou *Token Ring*. Como característica fundamental do IBM 8210 MSS para este trabalho de dissertação, é o suporte a MPOA e ao NHRP, atuando como servidor MPOA (MPS) e servidor e cliente NHRP, ou seja, (NHS) e (NHC) respectivamente.

- **Sistemas finais(Hosts):** Os sistemas finais utilizados possuem as seguintes configurações conforme o Quadro 3-1.

**Quadro 3-1 Identificação e configuração dos Sistemas Finais**

Identificação	Sist. Final	Mhz	Memória	HD	Sist.Operacional
pc51-udesc	<i>Pentium</i>	166	32 Mb RAM	2.4 Gb	Linux 2.2.14-5.0
pc11-ufsc	<i>Pentium</i>	233	64 Mb RAM	4.2 Gb	Linux 2.2.14-5.0
pc13-ufsc	<i>Pentium</i>	200	32 Mb RAM	2.0 Gb	Linux 2.2.14-5.0
pc64-ufsc	<i>Pentium</i>	100	32 Mb RAM	833 Mb	Linux 2.2.14-5.0



**Figura 3-1 – Topologia do ambiente de estudos**

### 3.1.2. Descrição dos Cenários

#### Cenário I – 1 MPS

O primeiro experimento, aqui denominado de Cenário I envolve um MPS, duas LANs Emuladas (denominadas de elan11\_mpoa e elan13\_mpoa, ambas definidas no

roteador mss-rmav), um dispositivo de borda MPC (sb03) com dois LECs (das ELANs citadas) e, conectados ao MPC, dois sistemas finais (pc11-ufsc e pc13-ufsc).

### Cenário II – 2 MPS

Este cenário é composto por dois MPSs e por três ELANs sendo: elan13\_mpoa, elan12\_mpoa ambas definidas no mss-rmav e a elan10\_mpoa, definida no roteador mss2-rmav. Deve-se enfatizar que a partir deste cenário a elan12\_mpoa será sempre utilizada para fazer a interconexão entre as ELANs. São utilizados dois dispositivos de borda (MPCs), cada um destes possuindo um LEC da elan10\_mpoa e elan13\_mpoa (pc51-udesc e pc13-ufsc).

### Cenário III – 3 MPS

No ambiente de estudo deste cenário é utilizado um conjunto de três MPSs. A elan10\_mpoa, elan12\_mpoa já citadas nos cenários I e II e a elan14\_mpoa definida no roteador denominado mss-pop. São utilizados três dispositivos de borda (MPCs), cada um destes possuindo um LEC da elan10\_mpoa e elan13\_mpoa, bem como três Pentium com as mesmas configurações dos citados no Cenário I.

## **3.2. Configuração**

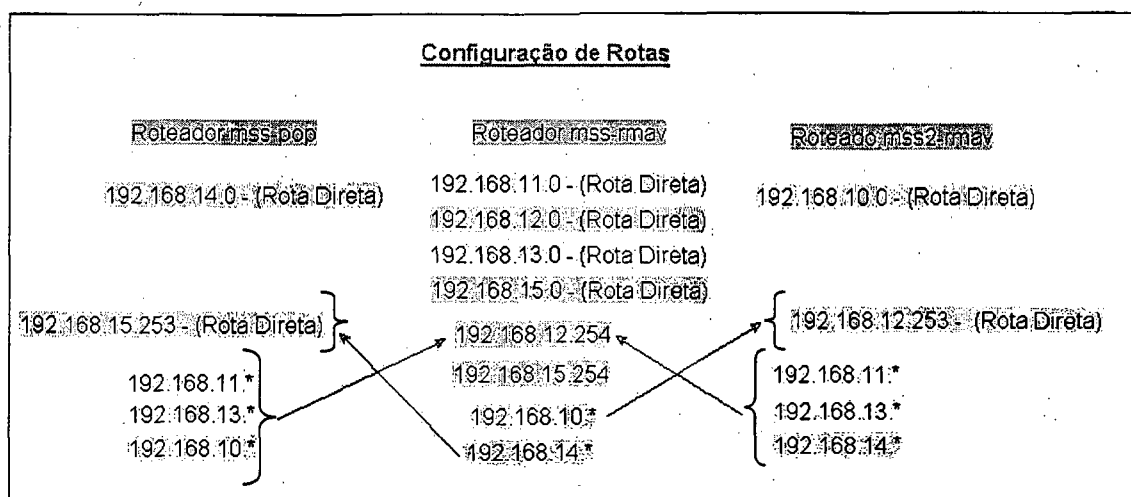
A fase de configuração é posta em prática nos equipamentos que compõem a infra-estrutura de rede, conforme mencionado no item 3.1.1. Observa-se que, o sucesso ou o insucesso dos testes é dependente das configurações que são feitas nos equipamentos. Este item dedica-se as seguintes configurações:

- Configuração das ELANs;
- Configuração do roteamento IP;
- Configuração do servidor MPOA;
- Configuração dos dispositivos de borda IBM 8371.
  
- **Configuração das ELANS** – Para o desenvolvimento do ambiente MPOA, conforme é apresentado na Figura 3-1, foram configuradas as seguintes ELANs de acordo com o Quadro 3-2.

**Quadro 3-2 Descrição das ELANS configuradas nos roteadores IBM MSS 8210**

ELAN	Roteador MSS 8210	Endereço IP	Função
elan10_mpoa	Mss2-rmav	192.168.10.254	sub-rede
elan11_mpoa	Mss-rmav	192.168.11.254	sub-rede
elan12_mpoa	Mss-rmav	192.168.12.254	interconexão
elan13_mpoa	Mss-rmav	192.168.13.254	sub-rede
elan14_mpoa	Mss-pop-sc	192.168.14.254	sub-rede
elan15_mpoa	Mss-rmav	192.168.15.254	interconexão

- ✓ A elan10\_mpoa configurada no mss2-rmav tem como objetivo atender aos sistemas finais que fazem parte da sub-rede 192.168.10.0, neste caso pc51-udesc com IP 192.168.10.10.
  - ✓ A elan11\_mpoa e elan13\_mpoa, ambas configuradas no mss-rmav, atendem as sub-redes 192.168.11.0 e 192.168.13.0 com os seus sistemas finais com os respectivos endereços IP 192.168.11.11 (pc11-ufsc) e 192.168.13.13 (pc13-ufsc).
  - ✓ A elan14\_mpoa, definida no mss-pop, tem como objetivo atender aos sistemas finais da sub-rede 192.168.14.0, sendo que o sistema final utilizado foi o 192.168.14.14 (pc64-ufsc).
  - ✓ A elan12\_mpoa (192.168.12.254) e elan15\_mpoa (192.168.15.254), ambas configuradas no mss-rmav, têm como objetivo servir como sub-rede para interconexão entre as ELANs, ou seja, são utilizadas para fazer o roteamento entre as elan10\_mpoa, elan11\_mpoa, elan 13\_mpoa e elan14\_mpoa, já referenciadas anteriormente.
- **Configuração das Rotas IP no IBM MSS 8210** – Como mencionado o ambiente de testes MPOA é formado por mais de uma sub-rede (ELANs). Para existir a comunicação entre estas sub-redes, é de fundamental importância a atenção à configuração do roteamento IP nos roteadores que compõem o ambiente de teste. O roteamento IP foi configurado, conforme apresenta a Figura 3-1.



**Figura 3-1 Tabela das rotas IP configuradas nos roteadores IBM MSS 8210**

A configuração do roteamento IP pode ser explicada da seguinte forma:

- ✓ No mss-rmav, o roteamento entre as sub-redes 192.168.11.0, 192.168.12.0, 192.168.13.0 e 192.168.15.0 é feito de forma direta, porém, todo pacote recebido ou enviado para a sub-rede 192.168.10.0 deve ser encaminhado para a interface 192.168.12.253, que é definida no roteador mss2-rmav. Da mesma forma, acontece com os pacotes que são destinados à sub-rede 192.168.14.0, porém, estes são encaminhados para a interface 192.168.15.253, definida no roteador mss-pop.
- ✓ No mss2-rmav, o roteamento entre as sub-redes 192.168.10.0 e 192.168.12.0 é feito de forma direta. Porém, o roteamento para os pacotes destinados às sub-redes 192.168.11.0, 192.168.13.0 e 192.168.14.0 são encaminhados para a interface 192.168.12.254 definida no mss-rmav.
- ✓ No mss-pop, o roteamento entre as sub-redes 192.168.14.0 e 192.168.15.0 é realizado de forma direta entre si, no entanto, o roteamento para as sub-redes 192.168.10.0, 192.168.11.0 e 192.168.13.0 são encaminhados para a interface 192.168.12.253, definida no mss-rmav.
- **Configuração do servidor MPOA** – Os servidores MPOA (MPSs), assim como os MPCs, são os principais componentes do ambiente MPOA. Os MPSs utilizados foram os IBM MSS 8210, estes disponibilizam os seguintes comandos de configuração, conforme o Quadro 3-3.

### Quadro 3-3 Comandos de configuração do servidor MPOA

```
Talk 6
Protocol MPOA
MPOA Server user configuration
mss3-rmav MPS Configuration> LIST
Box Level MPS Configuration
-----
Box Level MPS for IP:      ENABLED
Box Level MPS for IPX:    DISABLED
Accept Config from LECS: YES
Keep-Alive Time:      10 (sec)      Keep-Alive Lifetime: 35 (sec)
Initial Retry Time:   5 (sec)      Maximum Retry Time: 40 (sec)
Giveup Time:         40 (sec)      Holding Time:      15 (min)
Protocol Access Controls:      Not used
```

Ressalta-se que estes valores dos parâmetros apresentados foram utilizados no ambiente de teste, sendo que os valores estão de acordo com a [MPOA114/99] e podem ser alterados conforme as necessidades do administrador da rede. As configurações dos parâmetros, aqui utilizados, podem ser obtidas em [IBM8210/99].

- **Configuração do dispositivo de borda (MPC) IBM 8371** – Conforme descrito no item 2.4.3, o cliente MPOA, em especial o MPC IBM 8371, disponibiliza os seguintes comandos de configuração conforme, o Quadro 3-4.

### Quadro 3-4 Opções de configuração no MPC IBM 8371

```
sb03-ufsc MPC/38 >LIST
LIST OF CONFIGURED MPOA CLIENTS
-----
Interface      Status
-----
38             ENABLED
sb03-ufsc MPC/38 >CONFIG
sb03-ufsc MPC/38 Configuration>LIST
MPC Configuration

STATUS: ENABLED
Shortcut Setup Frame Count: 10 (frames)
Shortcut Setup Frame Time: 1 (sec)
Initial Retry Time: 5 (sec)
Maximum Retry Time: 40 (sec)
Hold Down Time: 160 (sec)
VCC Timeout Period: 20 (min)
Accept Config From LECS: Yes
```

Fragmentation Mode: Maximize Shortcut Usage

IP-Protocol: ENABLED

IPX-Protocol: ENABLED

Vale ressaltar que os valores apresentados no Quadro 3-4, são os *defaults*, sendo que estes podem ser alterados conforme os objetivos do administrador, sendo que estes comandos se referem ao cliente MPOA. Deve ser observado que para o IBM 8371 atuar como um MPC é necessário fazer a configuração dos parâmetros do LANE (LEC), a configuração de *bridges*, a configuração das portas lógicas e físicas e finalmente fazer o relacionamento entre estes. Os procedimentos sobre como configurar os parâmetros estão referenciados no [IBM8371/99].

### 3.3. Ferramentas

Um importante item a ser considerado, além da definição da infra-estrutura de rede e as configurações dos equipamentos, é a pesquisa e a escolha das ferramentas de avaliação da interoperabilidade e do desempenho.

As ferramentas disponíveis para a avaliação da interoperabilidade entre os equipamentos são *Qcheck*, *CellView* e *InFOREmations Center*, sendo que as duas últimas são aplicações fornecidas pelos próprios fabricantes das interfaces de rede. A ferramenta *Qcheck* é descrita no item 3.3.1.

Muitas ferramentas para avaliação do desempenho da rede estão disponíveis para uso temporário ou uso por tempo indeterminado. Entre elas foram analisadas as seguintes aplicações TTCP (linux e windows), *Netperf* (descrita no item 3.3.4) e *Tangram*, cada qual oferecendo métricas específicas de avaliação, como vazão, tempo de resposta e atraso.

#### 3.3.1. *Qcheck*

O *Qcheck* é uma ferramenta *freeware* que está disponibilizada na Internet e é utilizada para medir o desempenho e a conectividade da rede. Com o *Qcheck* é possível, usar os protocolos TCP, UDP, SPX e IPX; medir tempo de resposta; e medir a vazão, *streaming* (UDP e IPX).

---

A Figura 3-1, apresenta o funcionamento básico da ferramenta *Qcheck*, que usa agentes, denominados *endpoints*, que são instalados nos computadores que se deseja realizar os testes. Os *endpoints* estão disponíveis para mais de dezesseis plataformas de sistemas operacionais, como por exemplo, Windows NT, Linux Red Hat e AIX.

Depois de instalado o *endpoint*, em uma estação denominada de *Qcheck Console*, deve-se configurar os tipos de teste que se deseja fazer, ou seja, tipo de protocolo, vazão ou tempo de resposta, bem como informar os sistemas finais envolvidos no teste. A partir do *Qcheck Console* é iniciado o teste, gerando um tráfego de dados entre as duas estações remotas (sistema final 1 e 2). O resultado é retornado para o *Qcheck Console*, e assim o administrador da rede poderá chegar as conclusões que achar conveniente.

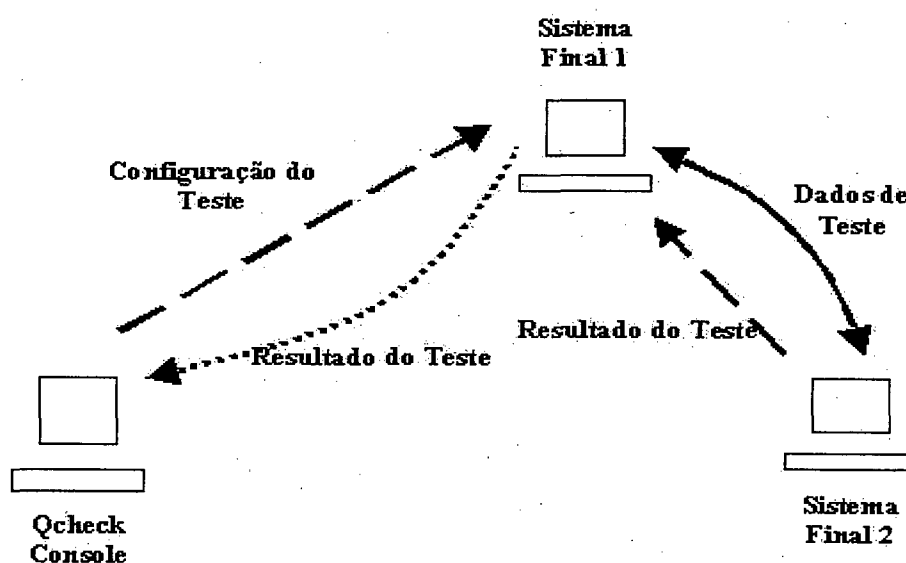


Figura 3-1 Funcionamento da ferramenta *Qcheck*

### 3.3.2. InFOREmation Center

A ferramenta *InFOREmation Center* é uma aplicação que acompanha a interface de rede *ForeRunner ATM Adapter 155 Mbps*, do fabricante *Fore Systems*. A *InFOREmation Center* é automaticamente instalada, no instante em que é instalado o *driver ForeThought 5.0*.

A *InFOREmation Center* permite configurar, monitorar e identificar problemas relacionados ao ATM. O *inFOREmation Center* possibilita configurar e obter as seguintes informações:



- Clientes LANE e CLIP configuradas e conectadas ao sistema final;
- Interfaces *Fore* configuradas no sistema final;
- Tráfego na camada de adaptação ATM e estatística sobre erros de transmissão;
- Configurar parâmetros MPOA e QoS para as respectivas ELANs a qual esta conectado ao MPC.

O *InFOREmation Center*, em conjunto com o *driver ForeThought 5.0*, coloca a disposição os seguintes recursos:

- QoS - Os parâmetros de QoS estão disponíveis no *ForeThought 5.0* e permitem especificar o tipo de fluxo para uma conexão estabelecida pela ELAN. Os parâmetros de QoS requerem largura de banda e variação de tempo das células que chegam de uma conexão ATM. Os tipos de tráfegos disponíveis são: Taxa de Bit Constante (CBR), Taxa de Bit Variável (VBR) e Taxa de Bit Desconhecido (UBR). Observa-se que após a escolha do tipo de QoS, é necessário especificar os parâmetros do tráfego à conexão. Os parâmetros de QoS da interface de rede *ForeRunner ATM Adapter 155 Mbps* são aplicados somente para o LANE e não ao MPOA.
- Limite para iniciar o estabelecimento de um atalho (*Threshold*) – É possível especificar a taxa de pacotes por segundo, determinando o momento que o cliente MPOA irá criar um atalho e então direcionar o tráfego de dados ao cliente MPOA destino, que está fora da ELAN local.

### 3.3.3. *CellView*

O *CellView* é uma ferramenta com interface gráfica de usuário – GUI, que permite configurar e monitorar a conectividade dos clientes e servidores LANE e MPOA associados à interface de rede *Iinterphase ATM Adapter 155 Mbps*. O *CellView* esta disponível para os sistemas operacionais Windows NT, Solaris e HP-UX. O *CellView* tem como características:

- A configuração da interface de rede para suporte SONE ou SDH;
  - Habilitar, desabilitar e configurar até dezesseis clientes LAN *Emulation*;
  - A configuração do LECS ou LES;
  - Permite visualizações estatísticas.
-

As informações estatísticas do *CellView* auxiliam o administrador da rede a verificar e resolver problemas na rede. Em relação as estatísticas oferecidas pelo *CellView*, são apresentadas somente as referentes ao MPOA, tais como:

- Descobrimto dos MPS através dos MPC associado ao LEC.
- Número MAC do MPS;
- Endereço ATM do MPS;
- Mensagens *Keep Alive*, enviadas pelo MPS notificando ao MPC sua atividade além de fornecer e manter entradas no *ingress* ou *egress cache*;
- ATM Address of the MPS.

### 3.3.4. *Netperf*

O *netperf* é uma ferramenta usada para medir o desempenho da rede de computadores e foi desenvolvida pela Equipe de Divisão de Informação de Redes da *Hewlett-Packard Company*. A versão utilizada, neste trabalho foi a 2.1.3 de setembro de 1997.

A ferramenta é composta de dois programas básicos – *netperf* e *netserver* baseada no modelo cliente/servidor, neste caso, o modelo monitor/refletor, onde o tráfego é gerado de uma estação monitora, com o programa *netperf*, até a estação refletora, com *netserver*, no qual o tráfego é refletido e retornado à estação monitora.

A terminologia de *netperf* é a definida pela “Terminologia de *Benchmarking* para Equipamentos de Interconexão de Redes de Computadores” definida pela RFC 1242. Este documento do IETF é o primeiro produto do Grupo de Trabalho de Metodologia de *Benchmarking*.

A ferramenta *netperf* permite medir a latência fim-a-fim das estações. Os testes são realizados da seguinte maneira: ativa-se o programa *netserver* da ferramenta na máquina que será a refletora, e após executa-se o *script* que chama o programa *netperf* passando as seguintes informações: a duração; O tipo do teste definindo o protocolo (TCP ou UDP); o endereço IP, da máquina remota executando o *netperf*; e o tamanho do segmento.

Como exemplo para uso do *netperf*, as estações devem utilizar um *script*, conforme é ilustrado, a seguir, onde o comando a ser executado no refletor é:

```
/usr/local/netserver
```

```
/usr/local/netperf/netperf -l 70 -t TCP_RR -H 200.135.48.1 -- -r 64,64
```

De forma que as descrições dos parâmetros são:

- **Local:** Nome do Programa;
- **-L:** Duração do teste é dado em segundos;
- **-T:** Tipo do teste/protocolo que será utilizado;
- **-R:** Tamanho do segmento;
- **-H:** Endereço IP da máquina remota que deverá estar executando o programa *netserver*.

O *netperf* define a configuração de diversos parâmetros, como, por exemplo, o tamanho do *buffer* das estações, local e remota. Nesta pesquisa serão considerados todos os parâmetros *default*, do sistema operacional. Esta ferramenta irá fornecer o número de transações realizadas em 1 segundo. A partir dessa informação pode-se inferir o valor da latência.

Latência= 1/ no. de transações/s

Um exemplo, pode ser apresentado da seguinte maneira, com a execução do *script*, para o segmento TCP de tamanho 64 bytes, obtém-se um resultado de 250 transações/s, então o valor da latência será:

Latência: 1/250=0,0004 segundos

---

## 4. Interoperabilidade e Conformidade

---

A cada dia, a indústria de produtos de redes de computadores tem colocado à disposição dos usuários de *backbones* de alta velocidade um grande número de novos equipamentos. No entanto, estes equipamentos de diferentes fabricantes devem estar aptos a comunicarem entre si. O que se tem visto, é que muitos desses fabricantes têm desenvolvido seus produtos de acordo com os órgãos de padronização internacional, tais como: ATM *Forum* e IETF.

Diante das eventuais possibilidades, os testes de conformidade e interoperabilidade apresentados neste trabalho estão baseados na plataforma PICS para MPOA, a qual é apresentada de forma sintetizada nos Quadro 4-7 ao Quadro 4-16. Estes testes têm como objetivos:

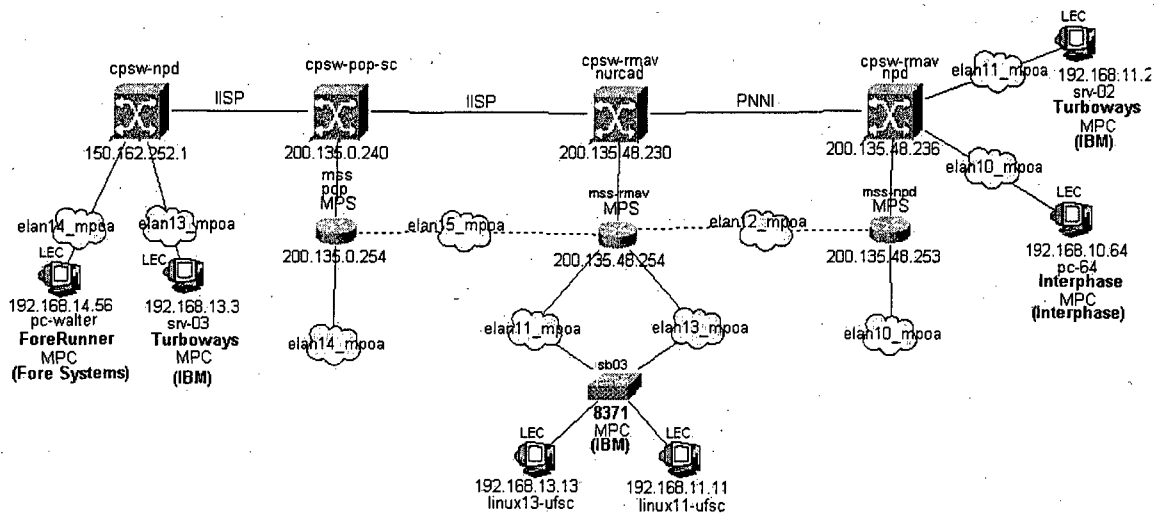
- a) examinar a interoperabilidade entre os fabricantes dos equipamentos;
- b) verificar a conformidade da implementação dos equipamentos com a especificação MPOA.

### 4.1. Interoperabilidade

Os experimentos de interoperabilidade têm como objetivo fornecer aos administradores de redes ATM os parâmetros otimizados de configuração dos equipamentos de diferentes fabricantes que implementam o protocolo MPOA.

#### 4.1.1. Variação do Ambiente

A Figura 4-1 mostra o ambiente utilizado para os testes de interoperabilidade, que varia em relação a Figura 3-1 na configuração dos sistemas finais. Este ambiente é composto de clientes (MPCs: interfaces de redes ATM e comutadores de borda) e servidores (MPSs: roteadores), que representam os componentes MPOA.



**Figura 4-1 Cenário de interoperabilidade**

As interfaces de redes ATM utilizadas para a avaliação da interoperabilidade são descritas a seguir:

- *IBM Turboways 155 ATM Adapter* - é uma interface de rede ATM que está instalada em estações IBM RISC 6000 com sistema operacional AIX 4.3.3, com suporte a MPOA. Esta interface de rede ATM suporta até quinze clientes LAN *Emulation* (LEC) e possibilita habilitar o suporte MPOA em cada um dos LECs configurados. A interface *IBM Turboways 155 ATM Adapter* possui os seguintes recursos de configuração do cliente MPOA:

**Quadro 4-1 Opções de configuração do MPC (*Turboways*)**

MPOA Client Device Name	mpc0
Automatic Configuration via LECS	Yes
Shortcut Setup Frame Count	[10]
Shortcut Setup Frame Time (seconds)	[1]
Initial Request Retry Time (seconds)	[5]
Maximum Request Retry Time (seconds)	[40]
Failed request retry Hold Down Time (seconds)	[160]
VCC Inactivity Timeout value (minutes)	[20]
Apply change to DATABASE only	no

- *Interphase ATM adapter 155 Mbps* - é uma interface de rede ATM de 155 Mbps com suporte a MPOA. Esta interface de rede ATM possui a ferramenta *CellView*, conforme mencionado anteriormente no item 3.3.3.
- *ForeRunner ATM adapter 155 Mbps* - é uma interface de rede ATM de 155 Mbps com suporte a MPOA. A *ForeRunner* assim como a *Interphase*, possui a

ferramenta gráfica *InFOREmation Center*, mencionado previamente no item 3.3.2. Com o *InFOREmation Center* é possível configurar e monitorar os parâmetros do LEC e MPOA.

#### 4.1.2. Experimentos

Os experimentos de interoperabilidade são executados com o objetivo de verificar as fases de configuração, descobrimento, resolução de destino, gerenciamento da conexão e a transferência de dados.

##### 4.1.2.1. Comunicação com o Servidor de Configuração

Este experimento tem como objetivo testar as operações de configuração e descobrimento mencionadas no item 2.4.6.

A operação de configuração visa obter informações, tais como, o tipo de protocolo que o MPC ou o MPS suportam, o nome da ELAN na qual o MPC e o MPS são membros, bem como, os seus respectivos endereços ATM. O mecanismo para obter estas informações é através do LECS. Desta forma, utiliza-se o `LE_CONFIGURE_REQUEST` de cada LEC associado com o componente MPOA. Cada requisição tem a identificação do tipo de dispositivo, ou seja, o TLV (Type/Lenght/Value), que indica para o LECS se o dispositivo é um cliente ou um servidor MPOA, desta forma o LECS tem a possibilidade de retornar somente os parâmetros referentes ao tipo do componente MPOA (MPS ou MPC).

A operação de descobrimento permite que os componentes MPOA tenham a capacidade de saber da existência um do outro. O mecanismo de descobrimento é dinâmico e automático, utilizando para este fim a extensão LANE, `LE_ARP` que possui a informação do tipo do dispositivo MPOA, se é um MPC, MPS, e seus respectivos endereços ATM ou se não é um dispositivo MPOA. Para que este mecanismo seja possível, uma identificação do dispositivo MPOA (TLV) é incluída nas seguintes mensagens LANE: `LE_REGISTER_REQUEST`, `LE_REGISTER_RESPONSE`, `LE_ARP_REQUEST`, `LE_ARP_RESPONSE`, `LE_NARP_REQUEST`.

Para verificar o sucesso das operações de configuração e descobrimento, foi utilizado o comando *Discovery*, que é disponível no roteador IBM 8210 MSS/servidor MPOA. O uso do comando *discovery* foi feito em todos servidores MPOA,

possibilitando a verificação de todos os componentes do MPOA (MPSs e MPCs), apresentados na Figura 4-1.

Através do Quadro 4-2 é apresentado como exemplo o resultado do comando *discovery* no IBM 8210 MSS, denominado *mss-rmav*. Como pode ser visto, o campo *net* identifica a rede e ou a ELAN a qual faz parte; o *type*, que corresponde ao tipo do componente MPOA (MPS ou MPC); *MAC Addr/RD* o endereço MAC do MPS/MPC e os seus respectivos endereços ATM.

Observa-se que, foi realizada a fase de configuração e o descobrimento dos servidores MPOA. Os endereços MAC **002035997B9A**, **00203599301C** e **02035990BA4**, correspondem aos servidores *mss-rmav*, *mss-ncd* e *mss-pop* respectivamente, conforme a Figura 4-1.

**Quadro 4-2 Componentes MPOA descobertos no ambiente de teste de interoperabilidade**

mss-rmav> MPS >DISCOVERY				
DISCOVERY TABLE				
Net	Type	Age	MAC Addr/RD	ATM Address
1	MPS	285	002035997B9A	47020304050607080901000101002035997B9A45
2	MPC	224	0006298A8CA8	390203040506070809030001010006298A8CA602
2	MPC	284	0020357ACDDC	470203040506070809010001010020357ACDDCFF
2	MPS	44	002035990BA4	47020304050607089901000103002035990BA405
2	MPC	104	00204864288B	4702030405060708090100010300204864288B01
3	MPC	44	000000000007	390203040506070809030001020004AC48F900FF
3	MPC	44	0006290A12A8	390203040506070809030001020006290A12A602
3	MPS	44	00203599301C	3902030405060708090300010200203599301C06
4	MPC	104	02588B1AD10C	390203040506070809030001040004AC48F8F4FF
6	MPS	284	002035997B9A	47020304050607080901000101002035997B9A45
9	MPC	224	004854832453	390203040506070809030001010006298A8CA602
10	MPS	44	00203599301C	3902030405060708090300010200203599301C06
11	MPC	224	00485483186E	390203040506070809030001010006298A8CA602

Neste experimento é observado que, o sucesso da fase de descobrimento, resolução no destino, gerenciamento da conexão e a transferência de dados, são realizadas com o estabelecimento dos atalhos entre os clientes MPOA.

#### 4.1.2.2. Interoperabilidade de Fabricantes Diferentes

- **Interphase e Turboways** - A interoperabilidade entre os dois fabricantes é obtida com sucesso. O atalho é estabelecido entre os clientes MPOA, ou seja, o pc64 com a interface ATM da *Intertphase* cujo endereço IP atribuído é 192.168.10.64 e a estação RISC6000 denominada *srv03*, com a interface ATM *Turboways* com IP

192.168.13.3. Para a visualização e confirmação do estabelecimento do atalho MPOA, é utilizado a ferramenta *CellView* da *Inerphase* [IPHASE/01]. Com o *CellView* foi possível acompanhar a fase em que o MPC descobre o endereço MAC e ATM do seu servidor MPOA; a identificação do endereço IP do MPC de destino e os endereços ATM do *ingress* e *egress* MPC, bem como o início da detecção do número de pacotes por segundo que são necessários para estabelecer o atalho.

- **Interphase e Fore Systems** - Obtido o sucesso no estabelecimento do atalho entre os dois MPCs. Este teste envolve o pc64 com placa *Intertphase* e o pc-walter com placa *Fore Systems* (endereço IP 192.168.14.56). Para visualizar o atalho é utilizado a ferramenta da *Fore Systems*, o *InFOREmation Center*, conforme apresenta a Figura 4-1.

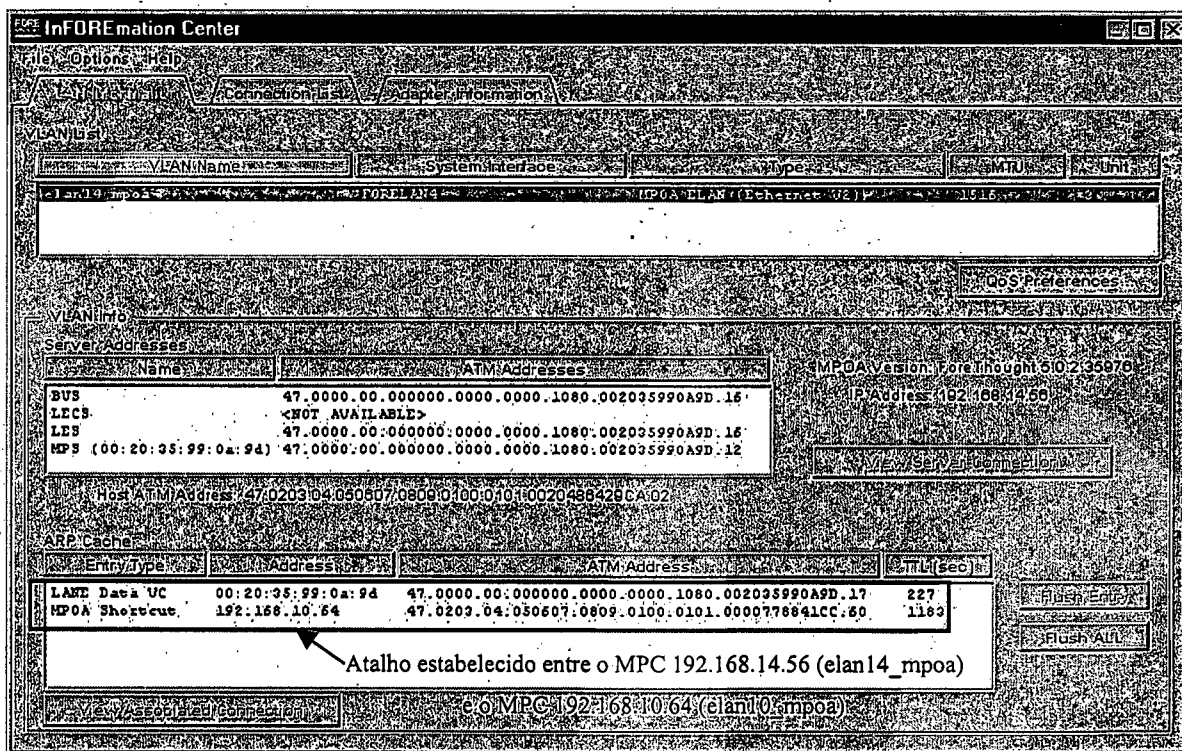


Figura 4-1 – Visualização do atalho através do *InFOREmation Center*

- **Fore Systems e Turboways** - A interoperabilidade entre os dois fabricantes é obtida com sucesso. O atalho é estabelecido entre os clientes MPOA, ou seja, o pc64 com a interface ATM da *Intertphase*, cujo endereço IP atribuído é 192.168.10.64 e a estação RISC 6000 denominada srv-03, com a interface ATM *Turboways* com IP 192.168.13.3. Para a visualização e confirmação do estabelecimento do atalho MPOA, é utilizado o utilitário *CellView* da *Inerphase*.



- **Fore Systems e IBM 8371** - A interoperabilidade MPOA entre *Fore* e IBM é realizada com sucesso. O atalho é estabelecido entre os dois clientes MPOA. São utilizados o pc-walter com o endereço IP 192.168.14.56 e o PC denominado linux13-ufsc com endereço IP 192.168.13.13, que está fisicamente conectado no dispositivo de borda IBM 8371. Para visualizar e verificar o estabelecimento do atalho é utilizado os recursos de monitoramento do IBM 8371.

É utilizado o comando **IP-Ingress Cache For MPC on ATM Interface 38**, disponível no IBM 8371. Este comando permite visualizar as entradas no *ingress cache*, com o respectivo endereço IP, bem como, o estado do fluxo de dados, ou seja, se foi resolvido estabelecido o atalho ou apenas detectado.

O Quadro 4-3, apresenta o resultado do comando **IP-Ingress Cache For MPC on ATM Interface 38**, de modo que, pode ser visualizado que o endereço IP 192.168.14.56 está com o estado resolvido. Isso significa que foi estabelecido o atalho entre o MPC 192.168.14.56 e 192.168.13.13 e que os dados estão sendo encaminhados sem a necessidade de passar pelos roteadores (mss-pop e mss-rmav) que estão localizados no caminho entre os dois MPCs.

#### Quadro 4-3 Identificação do estado do fluxo de dados: detectado ou resolvido

Ingress Cache Entries for Direct Host Routers:	
1) IP Address 200.135.0.3	State: FLOW DETECTION
2) IP Address 200.135.48.3	State: FLOW DETECTION
3) IP Address 200.135.48.1	State: FLOW DETECTION
4) IP Address 192.168.14.56	State: <b>RESOLVED</b>
Ingress Cache Entries for Direct Network Routers:	

Neste resultado, apresentado no Quadro 4-4, observa-se o campo **Shortcut State: RESOLVED**, que indica que o atalho (*shortcut*) foi estabelecido. O campo **CIE Code: x0**, indica o sucesso no estabelecimento do atalho. E o campo **Local Shortcut ? : FALSE**, indica que o atalho não é estabelecido localmente, mas sim entre dois servidores MPOA.

**Quadro 4-4 - Resultado detalhado do estado de um fluxo de dados resolvido**

```

Destination Protocol Address [0.0.0.0]? 192.168.14.56
Destination Protocol Address Mask [255.255.255.255]?
Host Route Entries matching 192.168.14.56/255.255.255.255
-----
Direct Host Routes:

1) Address: 192.168.14.56 Shortcut State: RESOLVED
Hold Down Cause: N/A CIE Code: x0
Dest: ATM
47.02.03.04.05.06.07.08.09.01.00.01.01.00.20.48.64.29.CA.00
Remaining Age (mins:secs): 10:52 Last Request ID: x2C1
Destn MTU: 1500 Encaps. Type: TAGGED
LANE Encaps.Hdr: xN/A
Tag Value: x3020000
Shortcut VCC (VPI/VCI): 0/243 Local Shortcut?: FALSE
MPS: 39.02.03.04.05.06.07.08.09.03.00.01.01.00.20.35.99.0D.9A.18

Derived Host Routes:
Network Route Entries matching 192.168.14.56/255.255.255.255
-----

```

**Interphase e IBM 8371** - Neste experimento, também é obtido o sucesso na interoperabilidade entre o MPC da *Interphase* (192.168.10.64) e o MPC IBM 8371 (192.168.13.13). São utilizados os comandos de monitoramento do comutador IBM 8371 para a comprovação do estabelecimento do atalho. Os comandos utilizados são, **IP-Ingress Cache For MPC on ATM Interface 38**, e **MPC/38 INGRESS>LIST-ENTRIES**, previamente descritos no teste de interoperabilidade entre *Fore Systems* e IBM 8371. Os resultados são apresentados nos Quadro 4-5 e respectivamente. No Quadro 4-5, percebe-se que o endereço IP 192.168.10.64 esta com o *status resolved*, ou seja, indica o estabelecimento do atalho entre o MPC *Interphase* e o MPC IBM 8371.

**Quadro 4-5 - Identificação do estado do fluxo de dados: detectado ou resolvido**

```

Ingress Cache Entries for Direct Host Routers:
-----
1) IP Address 200.135.0.3      State: FLOW DETECTION
2) IP Address 200.135.48.1    State: FLOW DETECTION
3) IP Address 192.168.10.64   State: RESOLVED
4) IP Address 192.168.14.56 State: RESOLVED
2) IP Address 200.135.48.3    State: FLOW DETECTION
-----
Ingress Cache Entries for Direct Network Routers:

```

-----  
 Ingress Cache Entries for Derived Network Routers:  
 -----

Como no teste de interoperabilidade anterior (*Fore Systems* e IBM 8371), é apresentado no Quadro 4-6, o resultado detalhado do atalho entre os dois MPCs. O campo **Shortcut State: RESOLVED** indica que o atalho (*shortcut*) é realizado. O campo **CIE Code: x0** indica o sucesso no estabelecimento do atalho. E o campo **Local Shortcut?: FALSE** indica que o atalho não é estabelecido localmente, mas sim entre dois servidores MPOA.

**Quadro 4-6 - Resultado detalhado de um fluxo de dados resolvido**

```

Destination Protocol Address [0.0.0.0]? 192.168.10.64
Destination Protocol Address Mask [255.255.255.255]?
Host Route Entries matching 192.168.10.64/255.255.255.255
-----
Direct Host Routes :
1) Address: 192.168.10.64 Shortcut State: RESOLVED
Hold Down Cause: N/A CIE Code: x0
Dest ATM: 47.02.03.04.05.06.07.08.09.01.00.01.01.00.00.77.88.41.CC.60
Remaining Age (mins:secs): 13:12 Last Request ID: x2C4
Destn MTU: 1500 Encaps. Type: TAGGED
LANE Encaps. Hdr: xN/A
Tag Value: x3E010000
Shortcut VCC (VPI/VCI): 0/244 Local Shortcut?: FALSE
MPS: 39.02.03.04.05.06.07.08.09.03.00.01.01.00.20.35.99.0D.9A.18

Derived Host Routes :
Network Route Entries matching 192.168.10.64/255.255.255.255
-----
  
```

## 4.2. Conformidade

A avaliação da conformidade de uma determinada implementação é necessária para se ter uma declaração das capacidades e opções implementadas por um fabricante, considerando a especificação ou a padronização. Neste trabalho, é apresentado o estudo da conformidade das implementações MPOA das interfaces de rede ATM com suporte a

MPOA (*Interphase*, *Fore Systems* e IBM), bem como os dispositivos de borda 8371 e os servidores MPOA MSS 8210, ambos da IBM.

Para a realização deste estudo foi utilizado como base a Declaração de Conformidade da Implementação do Protocolo (PICS), apresentada em [MPOA129/99]. Ressalta que neste estudo são considerados somente os itens obrigatórios para os componentes MPOA, de acordo com o PICS MPOA.

O objetivo é fornecer aos administradores de redes ATM uma visão otimizada da conformidade das implementações dos componentes MPOA (servidores e clientes) dos fabricantes *Fore Systems*, *Interphase* e IBM, bem como identificar o que cada implementação é capaz.

**Quadro 4-7 – Regras de Conformidade**

	Ibm-8371	Interphase	Fore	Tways
Esta implementação é capaz de?				
Funcionar como MPC?	Sim	Sim	Sim	Sim
Funcionar como <i>ingress</i> MPC?	Sim	Sim	Sim	Sim
Funcionar como <i>egress</i> MPC?	Sim	Sim	Sim	Sim
Funcionar como MPS?	Não	Não	Não	Não
Funcionar como <i>egress</i> MPS?	Não	Não	Não	Não

**Quadro 4-8 Configuração MPC**

	Ibm-8371	Interphase	Fore	Tways
Esta implementação é capaz de?				
Obter informações de configuração via LECS?	Sim	Sim	Sim	Sim
Suportar todos parâmetros para um MPC?	Sim	Não	Não	Sim
Suportar valor ou séries de valores do parâmetro MPC-p1 (entre 1 e 65535)?	Sim	Sim	Sim	Sim
Suportar valor ou séries de valores do parâmetro MPC-p2 (entre 1 e 60)?	Sim	Sim	Sim	Sim
Suportar conjuntos de protocolos de detecção de fluxos conforme parâmetro MPC-p3?	Sim	Sim	Sim	Sim
Suportar valor ou séries de valores do parâmetro MPC-p4 (em segundos entre 10 e 300)?	Sim	Sim	Sim	Sim
Suportar valor ou séries de valores do parâmetro MPC-p5 (em segundos entre 1 e 300)?	Sim	Sim	Sim	Sim
Suportar valor ou séries de valores do parâmetro MPC-p6 (em segundos entre 30 e 1200)?	Sim	Sim	Sim	Sim

**Quadro 4-9 – Descoberta do dispositivo MPC**

<i>Esta implementação é capaz de?</i>	<i>Ibm-8371</i>	<i>Interphase</i>	<i>Fore</i>	<i>Tbways</i>
O MPC é capaz de descobrir o servidor MPOA?	Sim	Sim	Sim	Sim
O MPS via LANE?	Sim	Sim	Sim	Sim
Registrar o tipo do dispositivo TLV com os LE <i>Clients</i> no qual esta configurada?	Sim	Sim	Sim	Sim
Descobri e comunica com pelo menos um MPS na ELAN?	Sim	Sim	Sim	Sim
Registrar o tipo do dispositivo TLV MPOA com cada LEC no qual esta configurado?	Sim	Sim	Sim	Sim

**Quadro 4-3 - MPC – Resolução no Destino: Processamento do caminho dos dados**

<i>Esta implementação é capaz de?</i>	<i>Ibm-8371</i>	<i>Interphase</i>	<i>Fore</i>	<i>Tbways</i>
Suportar todos os passos detalhados do diagrama do MPC para o processamento do caminho dos dados?	Sim	Sim	Sim	Sim
Suportar os procedimentos para o <i>inbound data flow</i> ?	Sim	Sim	Sim	Sim
Inclui o MPOA <i>egress cache tag extension</i> no MPOA <i>resolution request</i> ?	Sim	Sim	Sim	Sim
Suporta uma única chave ( <i>keys</i> ) para as entradas no <i>egress cache</i> ?	Sim	Sim	Sim	Sim

**Quadro 4-11 - MPC – Resolução no Destino: Gerenciamento do Cache MPC**

Esta implementação é capaz de?	Ibm-8371	Interphase	Fore	Tbways
Suportar a criação e o gerenciamento de uma entrada no <i>ingress Cache</i> ?	Sim	Sim	Sim	Sim
Suporta a criação e o gerenciamento de uma entrada no <i>egress cache</i>	Sim	Sim	Sim	Sim
Descartar pacotes recebidos sobre um atalho depois que a entrada no <i>egres cache</i> tornou-se inválida?	Sim	Sim	Sim	Sim

**Quadro 4-12 - Gerenciamento das Conexões no MPC**

Esta implementação é capaz de?	Ibm-8371	Interphase	Fore	Tbways
Suportar o encapsulamento LLC/SNAP para todas as PDU's?	Sim	Sim	Sim	Sim
Inicia uma chamada para o estabelecimento de um VCC?	Sim	Sim	Sim	Sim
Suporta múltiplos VCCs entre sistemas semelhantes?	Sim	Sim	Sim	Sim
Estabelece VCCs de acordo com as regras MPOA para serem usadas pelos elementos de informação da sinalização UNI?	Sim	Sim	Sim	Sim
Acceptar VCCs com a categoria de serviços UBR?	Sim	Sim	Sim	Sim
Estabelecer, receber e manter um VCC para qualquer entidade que, conforme os procedimentos de gerenciamento especificado no MPOA 1.0, sendo esta entidade um componente MPOA ou não?	Sim	Sim	Sim	Sim

**Quadro 4-13 -Transferência dos dados no MPC**

Todos os requerimentos para a Transferência de dados do MPC foram descritos nos quadros acima.
--

**Quadro 4-14 - Configuração MPS**

<b>Esta implementação é capaz de?</b>	<b>Ibm-8210</b>
Obter informações de configuração via LECS?	Sim
Suportar todos parâmetros de configuração de um MPS?	Sim
Suporta qual valor ou séries de valores do parâmetro MPS-p1 (entre 1 e 300)?	Sim
Suportar qual valor ou séries de valores do parâmetro MPS-p2 (entre 3 e 1000 segundos)?	Sim
Suportar quais conjuntos de protocolos de detecção de fluxos conforme parâmetro MPC-p3?	Sim
Suportar qual valor ou séries de valores do parâmetro MPS-p4 (entre 10 e 300 segundos)?	Sim
Suportar qual valor ou séries de valores do parâmetro MPS-p5(entre 10 e 300 segundos)?	Sim
O MPS suporta constantes MPS-p7?	Sim

**Quadro 4-15 - Descoberta do dispositivo MPS**

<b>Esta implementação é capaz de?</b>	<b>Ibm-8210</b>
O MPS é capaz de descobrir o clientes MPOA usando o LANE?	Sim
Os MPSs são descobertos um pelo outro, se eles estão compartilhando uma ELAN para facilitar o encaminhamento de mensagens NHRP?	Sim
Registrar o tipo do dispositivo TLV com cada LEC no qual esta configurado?	Sim
Suportar a associação com mais de um LEC?	Sim
Suportar a resolução de endereço dinâmico para saber se uma requisição NHRP resolve o endereço ATM de um cliente MPOA?	Sim



**Quadro 4-16 - Gerenciamento das Conexões no MPS**

<b>Esta implementação é capaz de?</b>	<b>Ibm-8210</b>
Suportar o encapsulamento LLC/SNAP para todas as PDU's?	Sim
Iniciar uma chamada para o estabelecimento de um VCC?	Sim
Aceita VCCs com a categoria de serviços UBR?	Sim
Estabelecer, receber e manter um VCC para qualquer entidade que, conforme os procedimentos de gerenciamento especificado no MPOA 1.0, sendo esta entidade um componente MPOA ou não?	Sim
Suportar todos os três formatos de endereços privados ATM?	Sim

### 4.3. Resultados

O problema da interoperabilidade surge a partir do momento em que há necessidade de interconexão de equipamentos dos diferentes fabricantes e quando se deseja ter um certo nível de confiança nestes equipamentos que irão interoperar. Os testes de interoperabilidade devem demonstrar, de maneira previsível e repetida, como duas implementações em uma série de testes interagem. Na prática, quase todos os testes têm sido feitos de maneira empírica, basicamente é conectado dois ou mais dispositivos na rede e observado se estão trocando dados entre si.

#### 4.3.1. Avaliação da Interoperabilidade:

Os principais resultados obtidos nos experimentos de interoperabilidade são descritos a seguir:

- *Fore Runner e Turboways*

O resultado do teste de interoperabilidade atendeu às expectativas esperadas. Foi estabelecido o atalho entre os dois MPCs, sendo que para confirmá-lo foi utilizado o *software InFOREmation Center*, que acompanha o *driver* da interface de rede ATM do fabricante *Fore*. As vantagens apresentadas foram: *Fore* possui recurso gráfico para configuração e monitoração do LEC e MPC; disponibiliza opção de QoS para o LANE; permite a configuração do *threshold* para o estabelecimento do atalho. As vantagens identificadas na interface *Turboways* foram: permitiu habilitar ou não o suporte a MPOA em cada LEC configurado; permite configurar e alterar todos os parâmetros de um MPC, conforme [MPOA114/99]. Como desvantagem foi identificado: a falta de uma ferramenta ou opções para monitorar o estabelecimento de atalhos entre os MPCs.

- *Fore Runner e Interphase*

O resultado foi satisfatório, ou seja, as interfaces de rede ATM com suporte MPOA interoperaram e o atalho foi estabelecido entre os dois MPCs. Para a verificação do atalho foi utilizado o *software InFOREmation Center*, já mencionado. As vantagens identificadas pela interface de rede *Interphase* foram: possui a ferramenta gráfica *CellView*, que permite configurar e monitorar os clientes LANE e os MPCs, bem como monitorar o momento que foi estabelecido o atalho. A desvantagem reside no fato da

---

interface de rede *Interphase* já vir com os parâmetros de configuração *defaults*, não permitindo alterações.

- *Fore Runner* e IBM 8731

Obteve-se o atalho entre os MPCs da *Fore* e da IBM (8371) com sucesso. Neste teste a verificação do atalho foi através dos comandos de monitoração do IBM 8371. O IBM 8371 apresenta as seguintes vantagens: possui um poderoso conjunto de comandos para configurar e monitorar o cliente MPOA; disponibiliza e permite alterar todos os parâmetros para o MPC; possui um sistema de LOG que permite localizar e resolver possíveis problemas que possam surgir no ambiente MPOA.

#### 4.3.2. Avaliação da Conformidade

Os resultados obtidos na avaliação da conformidade foram considerados satisfatórios, visto que:

- Todas as implementações dos componentes MPOA dos fabricantes *Fore*, *Interphase* e IBM que constam na Figura 4-1 apresentaram estar em conformidade com a especificação [MPOA114/99].
- O resultado do estudo demonstra que o servidor MPOA (IBM MSS 8210) utilizado nos testes estão de acordo ou em conformidade com a especificação MPOA. Foram avaliados os itens que de acordo com o PICS, são considerados obrigatórios. O IBM MSS 8210 possui os recursos de configuração mencionados no [MPOA114/99], além de ter um conjunto de opções disponíveis para obter informações sobre a comunicação entre os servidores MPOA e a comunicação com o NHRP.
- O estudo mostrou que a conformidade nas implementações dos clientes MPOA foram atendidas. Porém, o que diferencia uma implementação e outra são os recursos opcionais que um determinado fabricante oferece e disponibiliza em seu produto para que seja possível configurar e monitorar o ambiente LANE ou MPOA. Os principais recursos identificados foram:
  - ✓ *Fore Runner* – Possui recursos gráficos para a configuração do ambiente LANE e MPOA; permite alterar o valor do *threshold* para iniciar um atalho; disponibiliza opções do QoS.

- ✓ *Interphase* – Possui recursos gráficos para a configuração e monitoração do LEC e MPC; disponibiliza informações estatísticas sobre *request* e *response* entre o MPC e o MPS.
  - ✓ *IBM Turboways* - Possui o conjunto de parâmetros de configuração para o MPC que estão de acordo com [MPOA114/99], permitindo uma flexibilidade para que o administrador da rede possa alterar os parâmetros de acordo com seus objetivos.
  - ✓ IBM 8371 - Atende por completo às conformidades do MPOA. O IBM 8371 possui todos os parâmetros para um MPC que constam em [MPOA114/99], bem como disponibiliza opções de monitoração que permite que se verifique por completo o comportamento do MPC e dos atalhos estabelecidos.
-

## 5. Desempenho

---

De acordo com a especificação do ATM *Forum* [MPOA114/99] o serviço Multi-Protocolo sobre ATM é um recurso que pode trazer vantagens, tais como: a redução da carga nos roteadores, maior eficiência no encaminhamento dos dados e a diminuição da latência fim-a-fim entre os sistemas finais. Um importante meio para se comprovar estas vantagens é a utilização das técnicas de avaliação de desempenho. Neste trabalho foi utilizada a técnica de Geração tráfego entre os sistemas finais e a Monitoração do Tráfego nas interfaces dos dispositivos de rede.

### 5.1. Cenários

Neste item são abordados os diferentes cenários utilizados na realização dos experimentos de desempenho em uma rede ATM com e sem recurso MPOA, como descrito na Figura 3-1. A descrição dos cenários é apresentada a seguir:

#### Cenário I

Este cenário é composto por um único roteador (MPS) e um dispositivo de borda (MPC). O cenário I tem o objetivo avaliar a vazão e a latência entre dois sistemas finais, em diferentes ELANs, no ambiente com e sem MPOA. Este teste irá permitir quantificar os benefícios e as vantagens do uso do MPOA em uma rede ATM.

#### Cenário II

O Cenário II tem como objetivo poder avaliar o desempenho de uma rede ATM com dois roteadores (MPSs), em um primeiro instante sem suporte MPOA e posteriormente com o suporte a MPOA. Assim pretende-se apresentar a quantidade de dados que se está passando nos roteadores bem como vislumbrar as vantagens do MPOA.

#### Cenário III

O objetivo do experimento no cenário é monitorar e avaliar o comportamento do sistema MPOA em um ambiente composto por três roteadores. Desta forma será possível precisar o custo/benefício de uma rede com MPOA, observando os aspectos de latência e vazão.

---

## 5.2. Geração e Monitoração de Tráfego

A fim de isolar e manipular o tráfego de uma ELAN utilizou-se ferramentas para geração do tráfego. Foi utilizada a ferramenta *Netperf*, conforme apresentada no item 3.3.4. A maioria destas ferramentas fornece o valor da vazão, mas nem todas fazem o cálculo da latência. Foram utilizado os seguintes parâmetros para a geração e monitoração do tráfego:

- ◆ Número de amostras: 24
- ◆ Tempo de coleta: De uma em uma hora
- ◆ Tempo de coleta: 1 minuto

As interfaces de rede dos clientes, do servidor MPOA e equipamentos de interconexão serão monitorados com a ferramenta *Tivoli Netview 5.12*.

## 5.3. Desempenho dos Sistemas Finais

Experimentos realizados para verificar o desempenho dos sistemas finais são de suma importância para que se possa ter informações sobre a capacidade e as limitações dos mesmos. Estas informações contribuem, por exemplo, para confirmar se um dado sistema final está apto ou em condições de participar de determinados experimentos. Devem ser verificadas as características do equipamento, tais como, CPU, memória e tipo de barramento.

### 5.3.1. Vazão da Interface de *Loopback*

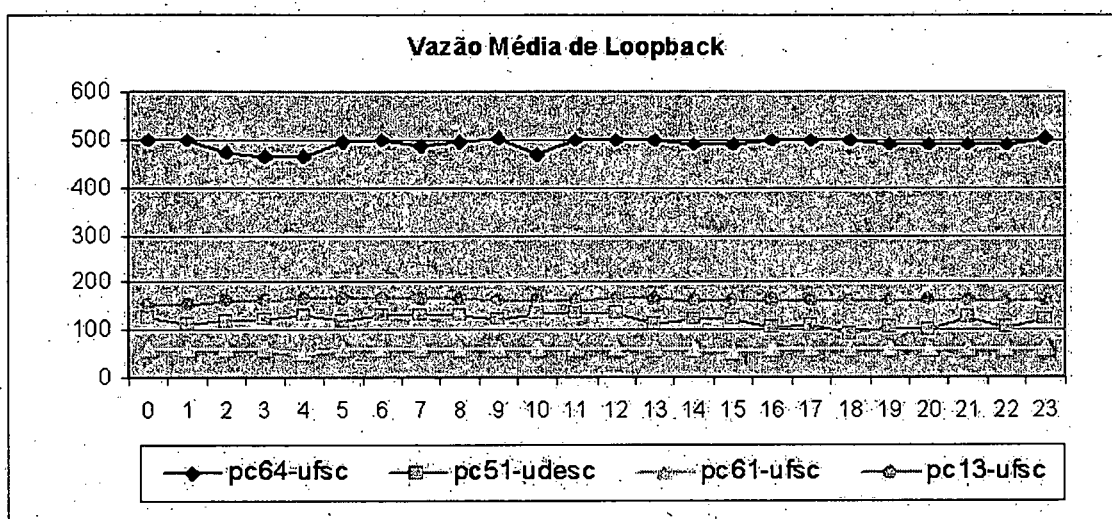
A interface de *loopback* é um endereço reservado diz que os dados retornam para o usuário sem sair do computador. Desta forma, um pacote pode ser transmitido até a interface de rede e retornar para a aplicação que o gerou como se tivesse trafegado de um sistema final a outro.

Para verificar a capacidade de vazão que é suportada pela interface de *loopback* dos sistemas finais que compõem os cenários deste trabalho, foi realizada uma seqüência de testes que consistem em gerar tráfego de dados TCP para o endereço 127.0.0.1. O objetivo deste experimento é comparar o desempenho dos sistemas finais. O tráfego foi gerado utilizando-se a ferramenta *Netperf*, durante um período de nove dias, e com intervalos de coleta dos dados de uma em uma hora.

---

A Figura 5-1, mostra a vazão média da interface de *loopback* dos sistemas finais utilizados neste experimento. Observa-se que existem três categorias de sistemas com relação à capacidade de transmissão de dados:

- alta capacidade - os sistemas que atingiram uma taxa de transferência muito maior que a especificada pela interface de rede (pc64-ufsc);
- média capacidade – os sistemas que transmitiram valores próximos daquele especificados pela interface de rede (pc13-ufsc e pc51-udesc);
- baixa capacidade – os sistemas que não conseguiram atingir a taxa de transmissão da interface de rede (pc61-ufsc).



**Figura 5-1 - Vazão média em Mbps das interfaces de *loopback* dos sistemas finais**

Este resultado é justificado pelas características de configurações dos sistemas finais, as quais são mostradas no Quadro 5-1. Observa-se que o sistema final pc64-ufsc tem maior taxa de transmissão e quantidade de memória, o que permitiu o melhor desempenho em relação aos demais sistemas. Este sistema apresentou alta capacidade de processamento devido às características do barramento. É importante lembrar que este teste de *loopback* é uma simulação de transferência de dados da aplicação até a interface de rede; por isso, as características do barramento (velocidade e largura) influenciam na taxa de transmissão. O Quadro 5-1 apresenta as configurações dos sistemas finais, bem como, o Quadro 5-2 mostra informações referentes ao barramento PCI.

**Quadro 5-1 – Configurações dos sistemas finais**

Nome	Processador	Memória	HD	Barramento
Pc64-ufsc	Intel Pentium II 300MHz	64 MB	4.2 GB	PCI
Pc13-ufsc	Intel Pentium 233 MHz	32 MB	2.0 GB	PCI
Pc51-udesc	Intel Pentium 166 MHz	32 MB	2.5 GB	PCI
Pc-61-ufsc	Intel Pentium 100 MHz	32 MB	833 MB	PCI

**Quadro 5-2 Quadro de referência do barramento PCI**

Referência do Barramento PCI		
<i>Clock</i> do Barramento PCI	Largura de Transferência	Velocidade de Transferência
33 MHz	32 bits	132 MB/s
33 MHz	64 bits	264 MB/s
66 MHz	32 bits	264 MB/s
66 MHz	64 bits	528 MB/s

### 5.3.2. Fluxo de dados entre os sistemas finais

A avaliação do fluxo de dados dos sistemas finais tem como objetivo verificar se o desempenho do sistema final interfere no desempenho da transmissão de dados utilizando a rede. Para tanto, foi gerado tráfego entre dois dos sistemas finais, de diferentes categorias, nos dois sentidos.

A Figura 5-1 mostra a vazão média em Mbps do fluxo de dados gerado entre os sistemas pc64-ufsc e pc13-ufsc, durante quatro dias consecutivos com amostras de 1 em 1 hora. Observa-se que, na maior parte dos valores médios amostrados a taxa média alcançada é de aproximadamente 93 Mbps nos dois sentidos. Considerando que ambas interfaces de rede têm a mesma capacidade (100Mbps), a diferença não é muito grande, sem considerar o processo de encapsulamento na pilha de protocolos.



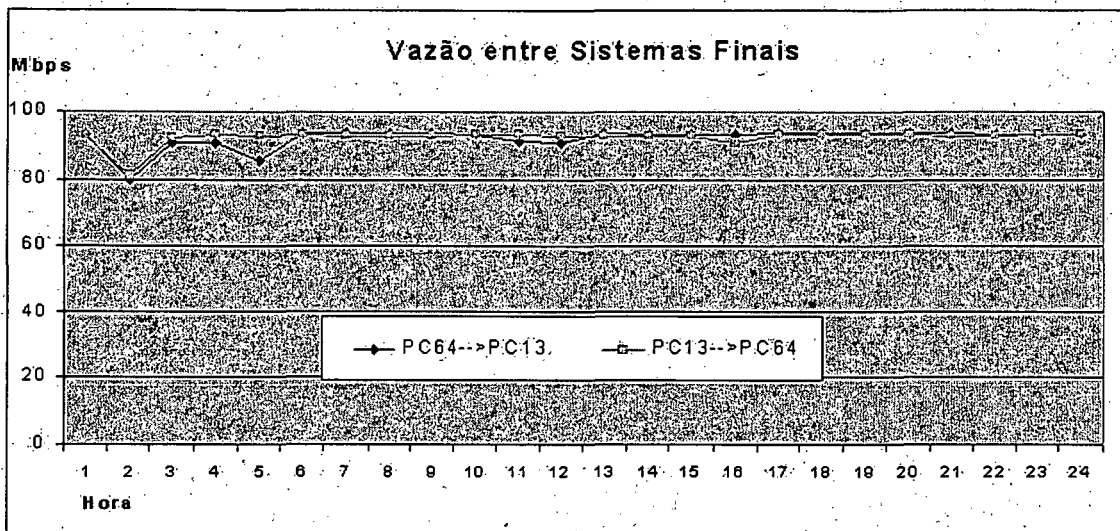


Figura 5-1 - Vazão média em Mbps entre sistemas finais

Observa-se ainda na Figura 5-1 que, para esta quantidade de dados transmitidos, o desempenho dos sistemas finais (em diferentes categorias) não influenciou na taxa de transmissão entre os sistemas. A diferença entre as categorias de sistemas é observada no tempo de processamento, como mostra a Figura 5-2. O sistema de alta capacidade (pc64-ufsc) apresentou menor latência do que o sistema de média capacidade (pc13-ufsc) na maior parte das amostras.

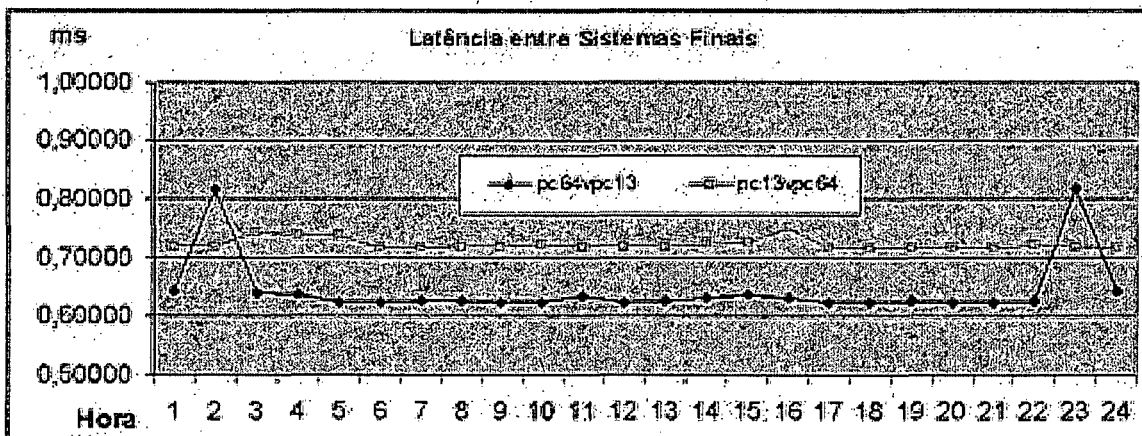


Figura 5-2 - Latência média em micro segundos (ms) entre sistemas finais

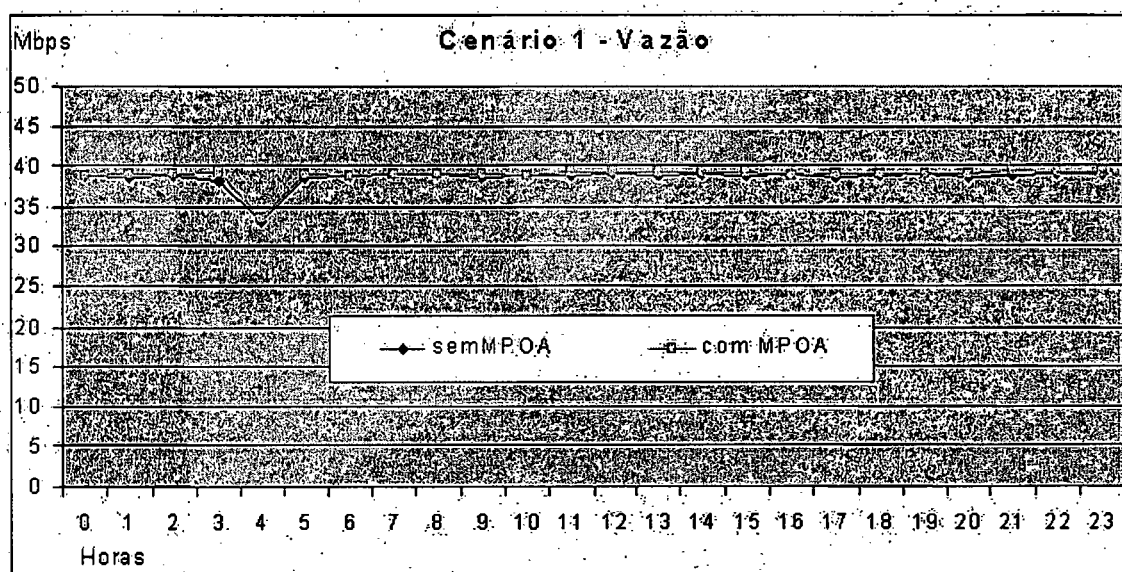
#### 5.4. Desempenho da Rede

Experimentos realizados para verificar o desempenho da rede é fundamental para que se possa ter informações sobre a capacidade e as limitações da rede, nos ambientes com e sem MPOA.

### 5.4.1. Cenário I

Este experimento teve como objetivo avaliar o desempenho da rede com e sem MPOA, através das métricas vazão e latência, no cenário I. Para realizar este experimento foi gerado o tráfego entre os sistemas pc64-ufsc e pc13-ufsc, durante um período de 4 dias com 24 amostras diárias para cada ambiente: (a) com MPOA e (b) sem MPOA. Observando que os sistemas finais encontram-se em redes IP diferentes e conectados fisicamente no mesmo dispositivo de rede.

A Figura 5-1, mostra a vazão média em Mbps obtida no Cenário I. Observa-se que, não houve diferença significativa entre os ambientes analisados, ou seja, a vazão média ficou em torno de 40 Mbps usando ou não o protocolo MPOA.



**Figura 5-1 Vazão média em Mbps obtida no Cenário I**

Esta relação de proximidade não se mantém para a latência, como pode ser visto na Figura 5-2, onde o valor médio da latência no ambiente com MPOA é menor do que no ambiente sem MPOA em todo período analisado. Os valores obtidos da latência no cenário I foram de 0.70 ms e 1.0 ms, respectivamente para o ambiente com MPOA e sem MPOA. Esta diferença no tempo de transmissão corresponde ao ganho obtido pelo estabelecimento de atalhos no ambiente com MPOA.

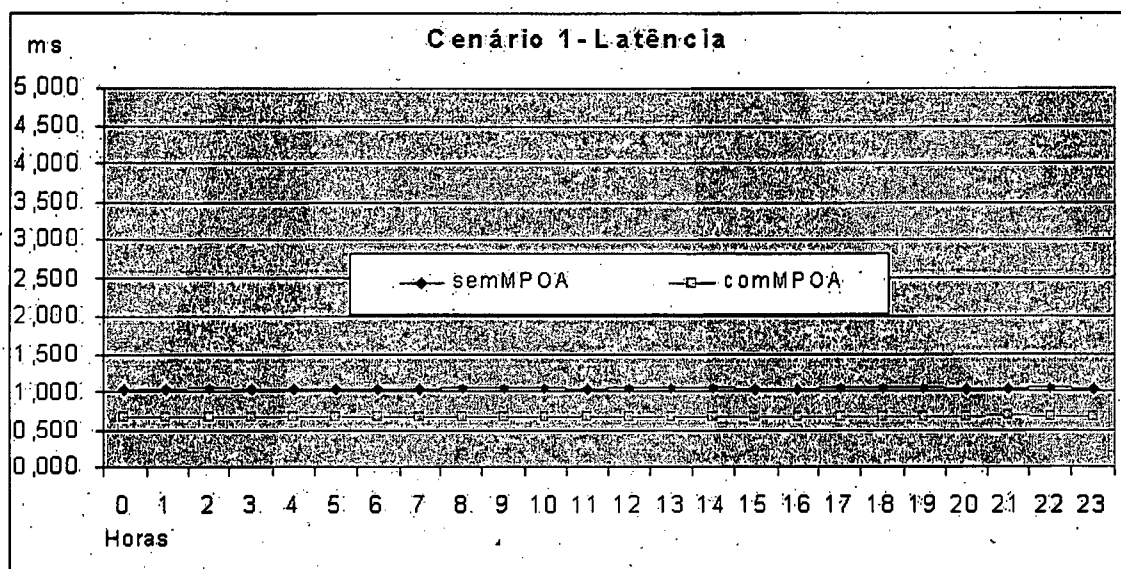


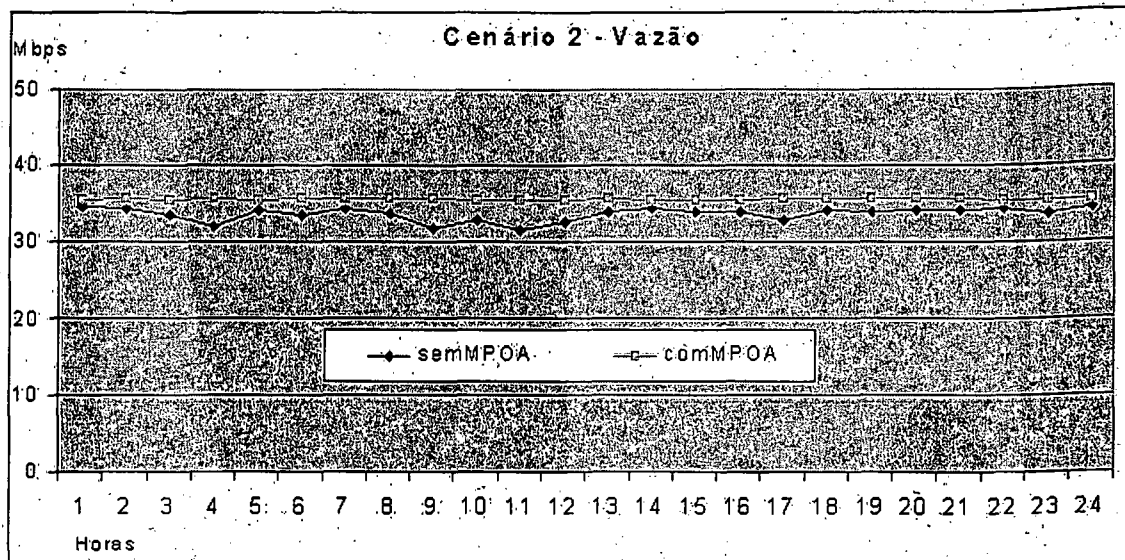
Figura 5-2 Cenário I Latência em ms

#### 5.4.2. Cenário II

O objetivo do cenário II é gerar tráfego e fazer a avaliação do desempenho da rede, observando a vazão e a latência entre os sistemas finais, em ambiente sem e com MPOA. No ambiente com MPOA deve ser verificado o estabelecimento do atalho entre os sistemas. Observa-se que o cenário II é composto por dois roteadores (servidores MPOA) e dois dispositivos de borda (clientes MPOA).

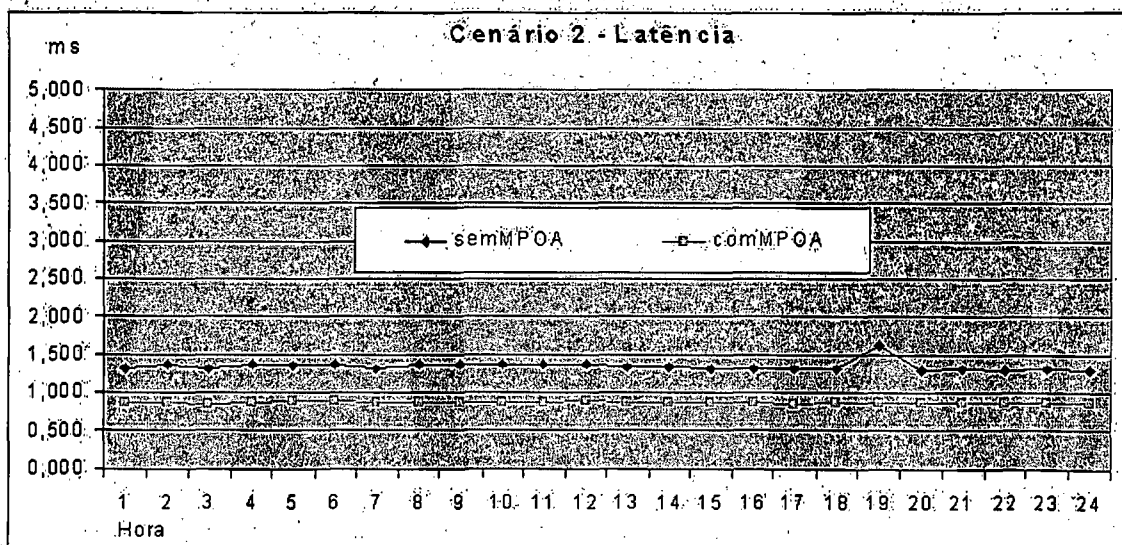
O experimento foi realizado gerando tráfego de dados entre os sistemas pc61-ufsc e pc13-ufsc, no período de 4 dias com 24 amostras diárias para cada ambiente. É importante observar que este cenário é composto por dois roteadores e dois comutadores, ambos com suporte a MPOA e dois sistemas finais que pertencem a redes com IP diferentes.

A Figura 5-1, mostra a vazão média em Mbps obtida no Cenário II. Não houve uma diferença significativa entre os ambientes analisados. A vazão média ficou em torno de 36 Mbps no ambiente com MPOA e 33 Mbps para o ambiente sem MPOA.



**Figura 5-1 - Vazão média obtida no Cenário II**

A vazão obtida no cenário II, com o MPOA não proporcionou um aumento que possa ser considerado significativo para a rede, em relação ao ambiente sem MPOA. Porém, como mostra a Figura 5-2, a latência no ambiente com MPOA foi menor, se comparada com a latência do ambiente sem MPOA, ficando em torno de 0,90 ms e 1,40 ms respectivamente. Esta diferença é vista como o estabelecimento de um atalho, de modo que, os roteadores no caminho do fluxo de dados entre os dois sistemas finais pc61-ufsc e pc13-ufsc foram evitados.

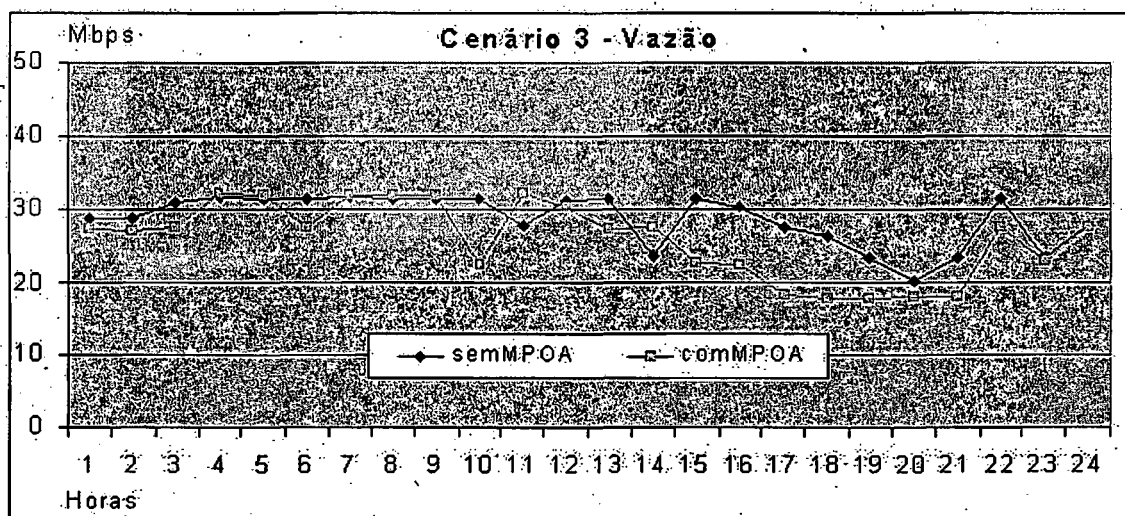


**Figura 5-2 Latência média em micro segundos do Cenário II**

### 5.4.3. Cenário III

O objetivo do cenário III é gerar tráfego de dados, coletar informações referentes à vazão e latência entre os sistemas finais, em ambientes com e sem MPOA, verificando se atalhos foram estabelecidos. Para realizar este experimento foi gerado o tráfego entre os sistemas pc51-udesc e pc61-ufsc, durante um período de 4 dias com 24 amostras diárias para cada ambiente: (a) com MPOA e (b) sem MPOA. Os sistemas finais encontram-se em sub-redes com IP diferentes.

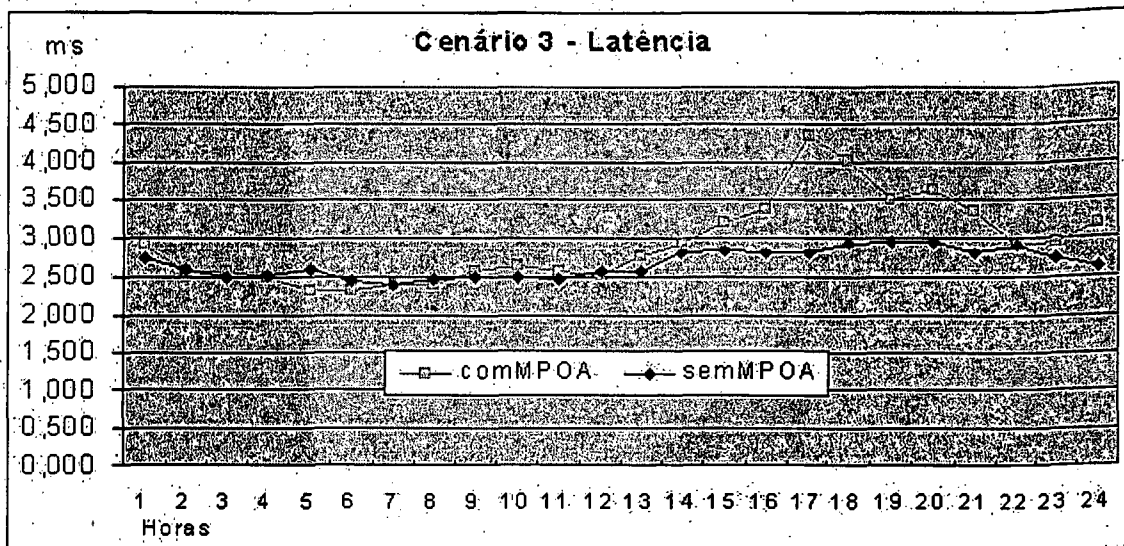
O cenário III envolve três roteadores (MPSS) e dois comutadores (MPCs), nos quais, tem-se os sistemas finais conectados fisicamente. Vale observar que, este conjunto de equipamentos que compõe o cenário III se encontra geograficamente em locais separados por uma distância de 3 Km.



**Figura 5-1 Vazão média em Mbps obtida no Cenário III**

A Figura 5-1, mostra a vazão média obtida o cenário III, onde pode-se perceber que ocorreram diferenças entre os ambientes com e sem MPOA sendo que, neste cenário, não aconteceu o comportamento aproximado da vazão com MPOA e sem MPOA como nos cenários I e II.

Observa-se que, no ambiente com MPOA ocorreram declínios que fizeram o desempenho ser inferior ao desempenho sem o MPOA, esta diferença ficou em torno de 9.75%. Como mostra a Figura 5-2, a latência média no cenário III também não obteve um comportamento semelhante aos cenários I e II.



**Figura 5-2 Latência média em ms do Cenário III**

A análise deste cenário mostra que, sem o uso do MPOA obteve-se uma latência com 9,23% a mais que a obtida no ambiente com MPOA. Através dos resultados deste cenário e, comparando com os cenários I e II, bem como, considerando as métricas de vazão e latência, não foram estabelecidos atalhos entre os sistemas finais pc51-udesc e pc61-ufsc. Observa-se que, é necessário repetir os experimentos no cenário III para a conclusão do ganho da rede com o ambiente MPOA.

## 5.5. Resultados

A avaliação do desempenho surge a partir do momento em que há necessidade de conhecer e identificar o comportamento da rede. Na prática, este trabalho apresenta o resultado da avaliação do desempenho em uma rede de alta velocidade com e sem o recurso do MPOA.

### 5.5.1. Avaliação dos Sistemas Finais

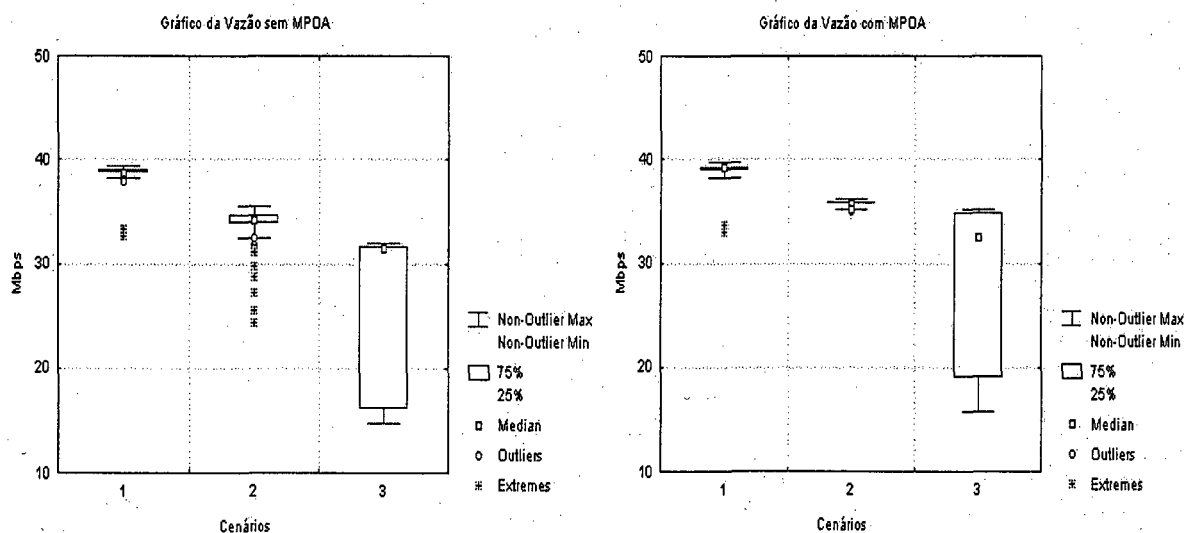
Embora, o experimento realizado tenha mostrado que, para quantidade de dados apresentada na Figura 5-1, a configuração do sistema final não tenha interferido na taxa de transmissão de dados, sabe-se que isso mudará na medida em que a aplicação gerar mais tráfego, ou até mesmo pelo uso de outra aplicação. Quando a quantidade de dados a ser transmitidos aumentar, o sistema que terá maior processamento, maior área de armazenamento temporário e conseguirá maior taxa de transmissão; isto, considerando

o mesmo algoritmo de transmissão na camada de transporte e o mesmo MTU na camada de enlace.

De um modo geral, conclui-se que o desempenho dos sistemas finais influencia no fluxo de dados entre sistemas de diferentes categorias, dado que o sistema de alta capacidade transmitirá uma quantidade de dados em menor tempo, o que implicará em ter maior disponibilidade para execução de outras tarefas.

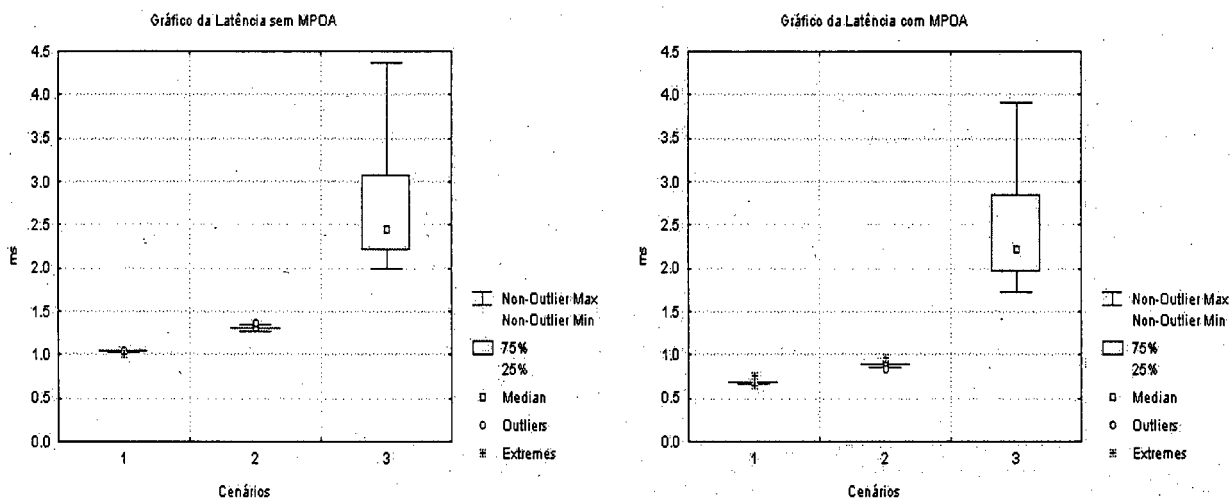
### 5.5.2. Avaliação dos Cenários

Para fazer uma avaliação das amostras (identificando picos e valores médios) foi utilizado o recurso *box plot* do *software Statistica*. Observa-se que, para esta avaliação foram utilizadas estações da mesma categoria para não interferir nos valores amostrados. A Figura 5-1, mostra os valores estatísticos da métrica vazão (Mbps) para os ambientes sem e com MPOA nos cenários I, II e III respectivamente. O cenário I, nos dois ambientes, apresenta amostras regulares, isto é, com pouca variação e picos que não afetam a média, a qual se manteve em torno de 40 Mbps. O cenário II apresenta comportamento semelhante, mas com maior variabilidade na amostra e maior número de picos para o ambiente sem MPOA. Neste cenário os valores médios são próximos, (33Mbps e 36Mbps) nos ambientes sem e com MPOA, respectivamente. O cenário III, destaca-se pela sua variabilidade na amostra e a ausência de picos. Em uma análise diária, observou-se que existe uma sazonalidade no comportamento deste tráfego, isto é, de 0 a 13 horas o valor médio da vazão se manteve em 30 Mbps, e depois disto o valor médio reduz para 15Mbps, para os dois ambientes.



**Figura 5-1 Vazão sem e com MPOA dos Cenários I, II e II em Mbps**

A Figura 5-2, mostra os valores estatísticos da métrica latência (ms) para os ambientes sem e com MPOA nos cenários I, II e III, respectivamente. Observa-se a baixa variabilidade na mostra para os cenários I e II, ao contrário do cenário III. Não foi identificado pico em nenhuma das amostras. Os valores médios para o ambiente sem MPOA são: 1.0, 1.5 e 2.5 (ms), e para o ambiente com MPOA são: 0.70, 0.9 e 2.2 (ms).



**Figura 5-2 - Latência sem e com MPOA dos Cenários I, II e II em micro segundos (ms)**

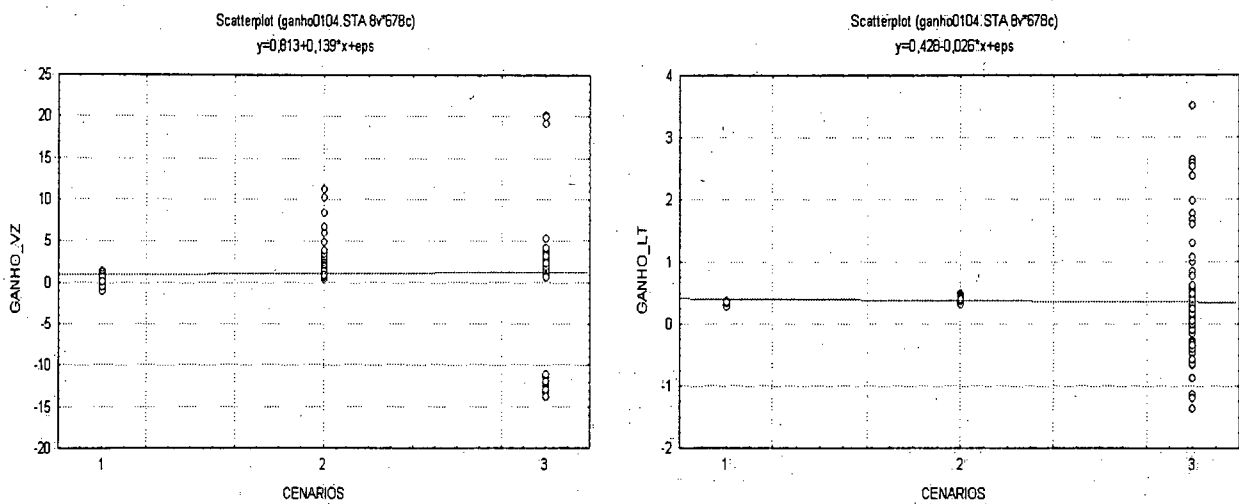
Constata-se que, para a métrica latência existe maior diferença nos ambientes comparado com a métrica vazão. Considerou-se esta diferença como o ganho de usar o serviço MPOA no ambiente de rede. O ganho é calculado pela diferença do maior valor e o menor valor. No caso da métrica vazão, espera-se que o valor sem MPOA seja menor do que com MPOA, e no caso da métrica latência, espera-se que o valor sem MPOA seja maior do que com MPOA.

A Figura 5-3, mostra a relação dos cenários, que correspondem ao número de MPSs, com o ganho na vazão e na latência usando um ambiente com MPOA. Fazendo uma aproximação linear obtemos a seguinte estimativa de ganho para as métricas:

$$\text{Vazão} : y = 0.813 + 0.139 * x + \text{eps}$$

$$\text{Latência} : y = 0.428 - 0.026 * x + \text{eps}$$





**Figura 5-3 Relação do número de MPSs com o ganho**

É verificado que mesmo sendo menor o ganho com a vazão em cada cenário, a tendência é que este ganho aumente com o aumento de MPSs. Ao contrário da latência que apresenta maior ganho em cada cenário, mas a tendência é diminuir com o aumento de MPSs.

## 6. Segurança

---

Inicialmente serão feitas considerações a respeito de segurança dos protocolos adjacentes ao MPOA, isto é, do IP e do LANE/ATM.

Em redes privadas IP o tráfego seguro é garantido através de *firewall* ou com a definição de filtros nos roteadores IP. Esta segurança IP é implementada para todos os fluxos de dados que entram e saem por um sistema de segurança centralizado. A concepção do MPOA é diferente disto, tendo em vista que nos sistemas finais são configurados atalhos para a troca de dados e isto é feito de forma descentralizada.

Em redes ATM os procedimentos de segurança estão restritos ao plano de usuário (mecanismos de autenticação, confidencialidade, integridade de dados, e controle de acesso) e ao plano de controle (mecanismos para autenticação e integridade); não incluindo o plano de gerenciamento [SEC100/99].

### 6.1. Segurança LANE

A partir de experimentos realizados na RMAV-FLN [CORREA/00] foram identificadas diversas ameaças ao protocolo LANE, devido a flexibilidade das redes virtuais emuladas. Estas ameaças são categorizadas da seguinte forma:

- ◆ Confidencialidade
    - Desvio de Conexão (antes e depois de ser configurada);
    - Conexão espiã;
    - Conexão imprópria.
  - ◆ Integridade
    - Mascaramento durante a configuração da conexão;
    - Mascaramento com conexão configurada;
    - Injeção de Dados;
  - ◆ Disponibilidade
    - Acessos não autorizados e repetitivos;
    - Obstrução de comutadores ATM, roteadores ou repetidores.
-

### 6.1.1. Políticas de Segurança

As políticas administrativas especificadas pelo ATM *Forum* em [LANE57/96] e implementadas por alguns fabricantes, são critérios que o LECS utiliza para definir um LEC para o LES. O valor de política é um par (valor, LES) que determina qual o valor será definido para especificar o LEC. De acordo com a especificação de gerenciamento dos Servidores LANE, as políticas de determinação do LEC são:

**Política de endereço ATM (byAtmAddr):** nos experimentos realizados os LECs foram registrados com sucesso, devido os endereços estarem de acordo com a política de endereço ATM. Porém, quando testados com prefixo de rede diferentes, que não estavam incluídos na política, o acesso foi negado.

A utilização do prefixo de rede ATM apresenta maior segurança, pois seu tamanho e flexibilidade dificultam a dedução do mesmo, conseqüentemente restringe o acesso a ELAN; todavia permite o acesso apenas aos LECs que têm seus prefixos incluídos na política;

- **Política de Endereço MAC (byMacAddr):** os testes efetuados na política de endereço MAC visavam testar as diferentes possibilidades de registro de endereço MAC, dentre as quais: configurar um LEC na estação AIX utilizando o mesmo número do endereço MAC, configurar o LEC do roteador sem que seu endereço MAC esteja configurado na tabela de endereço MAC no LECS, etc.

Os resultados obtidos nos testes apresentam vulnerabilidade, devido à facilidade com que o atacante pode alterar o endereço MAC, uma vez que esta política permite a troca de endereço sem restrições;

- **Política Tipo da ELAN (byLanType):** baseado nos três tipos de ELANs (*Ethernet*, *Token-Ring* ou *Unspecified*), foram realizados experimentos no intuito de alterar o tipo da ELAN na configuração do LEC. Uma vez que a rede definida foi o tipo *Ethernet*, verificou-se que utilizando o tipo da ELAN *Token-Ring* ou *Unspecified*, o LEC não foi registrado.

Contudo, esta política é usada para especificar o tipo de rede a ser configurada (*Ethernet*, *Token-Ring* ou *Unspecified*), sendo muito fácil de ser deduzida, considerando que há somente três tipos de ELANs a serem testadas;

- **Política de Tamanho Máximo de *Frame* (byPktSize):** a política estabelecida possui tamanho de *frame* igual 1516, definido na configuração da ELAN. Nos
-

experimentos efetuados tentou-se incluir um LEC em uma estação NT com tamanho diferente do especificado. Não houve registro devido à restrição imposta pelo tamanho de *frame* diferente na tabela de configuração do LECS. Esta política é útil na criação de uma ELAN *default* designando LECs para tal função, baseado no tamanho de *frame*;

- **Política de Nome da ELAN (byElanNm):** nos experimentos realizados a política baseada no nome da ELAN, visa configurá-la no LEC da estação NT, utilizando o mesmo nome registrado no LECS. Ao testar com o nome da ELAN diferente na configuração do LEC da estação NT, verificou-se que o registro foi negado, conseqüentemente torna-se mais difícil o acesso a configuração de um LEC. Porém, a política nome da ELAN proporciona maior flexibilidade na designação de um LEC para ELAN, sendo que o LEC tem a opção de usar um nome atual ou um *alias*.

### 6.1.2. Resultados

Os experimentos mostraram que para obter maior confiabilidade na segurança, o ideal é a utilização de três políticas: de endereço ATM (*byAtmAddr*), nome da ELAN (*byElanNm*) e tipo da ELAN (*byLanType*), estabelecidas com valores de prioridades diferentes. Observa-se que, o menor valor de política deve ser do *byAtmAddr*, por ser a política mais segura devido ao seu tamanho e flexibilidade que dificultam a dedução do prefixo de rede ATM. A segunda política utilizada deve ser o *byElanNm*, considerando que suas características oferecem restrições ao acesso na configuração de um LEC, e também por permitir a utilização de um *alias*, personalizando, assim, cada ELAN. Por último deve-se utilizar a política *byLanType*, que define qual o tipo da ELAN que será aplicada na configuração do LEC, restringindo a três tipos de ELAN - *Ethernet*, *Token-Ring* ou *Unspecified*. Desta forma, para que um LEC consiga se registrar terá de atender aos requisitos especificados nas três políticas, lembrando que a menor prioridade será verificada primeiro, resultando em maior segurança no controle de acesso nas ELANs.

Além da otimização das políticas de segurança outros parâmetros de controle de acesso são customizados nos servidores LANE, bem como, o desenvolvimento de procedimentos pró-ativos e reativos nos sistema de gerência.

---

Contudo, o registro do endereço sobre o ILMI é permitido, e assim o sistema final pode ser registrado no comutador com qualquer endereço ATM. Durante a configuração da conexão um destino não pode descobrir a origem de um endereço não autorizado. O mesmo aplica-se ao registro de um servidor. Conseqüentemente, em uma rede ATM, a autorização e a autenticidade de um cliente configurando um atalho não pode ser verificada.

## 6.2. Segurança MPOA

A segurança no ambiente MPOA é vista como um problema pela maioria dos pesquisadores em segurança de redes. Isto acontece, porque no MPOA os MPCs estabelecem atalhos para a transferência de dados entre si e esta transferência é realizada de forma descentralizada.

A extensão de autenticação introduzida em [MPOA114/99], não resolve o problema da segurança no ambiente MPOA, garantindo, apenas, a autenticação da informação entre um cliente e seu servidor MPOA.

Como a configuração de um atalho é sobre um protocolo de sinalização, esta situação recai no caso em que conexões não desejadas podem ser prevenidas através de filtros nos comutadores ATM. Porém, esta solução é indicada para redes locais, uma vez que a definição destes filtros tem alto custo e devem ser definidos nas camadas 2 e 3.

De qualquer forma, o problema continua, pois não basta prevenir atalhos entre as ELANs afetadas quando o *ingress* e *egress* do MPS estão no mesmo roteador. Por outro lado, este problema pode ser resolvido através de servidores MPOA em diferentes roteadores. O processo da extensão de autenticação pode ser explicado da seguinte forma:

- Assim que um pacote é recebido, o teste da autenticação é realizado. Se existir alguma falha de autenticação, o pacote é cortado ou um indicador de erro do tipo falha de autenticação, é enviado. Observa-se que uma possível falha na autenticação pode ser a ausência da extensão MPOA.

A extensão de autenticação MPOA tem o formato descrito na Figura 6-1, onde pode ser observado o campo que garante a autenticação (*Security Parameter Index* – SPI). Os principais campos são descritos a seguir:

- *Lenght* – é o tamanho em *octetos*, da extensão remanescente, que começa logo após o campo *lenght*.
- *Security Paramater Index (SPI)* - é um índice em uma tabela que está localizada em um MPC ou MPS. Esta tabela contém as chaves e informações, tais como, o algoritmo de segurança. O MPC e o MPS incluem informações, nesta tabela, usando chaves manuais ou *online* usando um protocolo de gerenciamento de chaves.
- Src ATM Addr – O endereço ATM de controle de um dispositivo MPOA de origem. Entre MPS/NHSs, é usado autenticação NHRP.

0	1	2	3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1
1 0	0x1006	<i>Length</i>	
<i>Reserved</i>		<i>Security Parameter Index – SPI</i>	
Src ATM Addr			
Src ATM Addr (Cntd)			
Src ATM Addr (Cntd)			
Src ATM Addr (Cntd)			
Src ATM Addr (Cntd)			
Authentication Data			

**Figura 6-1 - Formato da extensão de autenticação MPOA**

A solução para a segurança no ambiente MPOA é vista no *Addendum* para suporte a Redes Virtuais Privadas – VPN que define métodos pelos quais os *frames*, tanto de controle como de dados podem ser associados a uma VPN utilizando identificadores, os VPNs-ID [MPOA129/99].

### 6.2.1. Considerações

O estudo realizado mostrou que a vulnerabilidade da segurança em redes locais emuladas persiste, mesmo com a utilização do Multi-Protocolo sobre ATM. Nota-se que, para se ter um ambiente seguro, devem ser implementados mecanismos de segurança no momento da configuração da conexão ATM. Como no MPOA os atalhos são estabelecidos utilizando-se os protocolos de sinalização e estes fazem uso das conexões, os mecanismos, tais como: autenticidade e autorização não terão sucesso, visto que o cliente MPOA que está configurando o atalho não pode ser verificado.

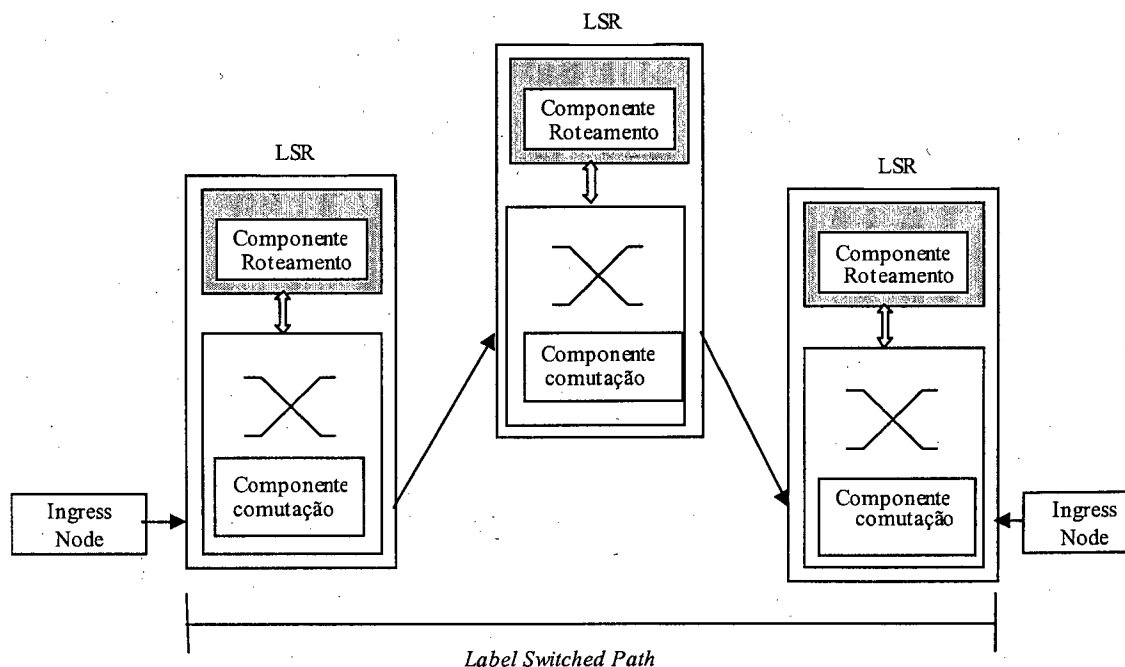
A segurança no MPOA também não é garantida mesmo com a extensão de autenticação introduzida. O estudo mostra que a extensão de autenticação tem expressividade apenas na autenticação da informação entre o cliente e o servidor MPOA e que fora desse escopo não possibilita a segurança desejada. Observa-se que a melhor maneira, ainda, é de obter segurança nas conexões através da implementação de filtros nos comutadores ATM.

---

## 7. Abordagem Alternativa

Como abordagem alternativa ao MPOA, tem-se a Comutação de Rótulo Multi-Protocolo – MPLS, proposto pelo IETF. O objetivo principal do grupo de trabalho do MPLS é de padronizar uma tecnologia que integre as principais características da camada 2 e da camada 3, independente dos protocolos que envolvem estas camadas. Os documentos publicados pelo IETF estão listados no Quadro 2-5.

Os roteadores que implementam MPLS têm seus componentes separados para o roteamento e para a comutação. Existem os nodos finais (*ingress* e *egress*), por meio dos quais os pacotes IP entram e saem da rede MPLS. O componente roteador/comutador entre os nodos finais é denominado *Label Switch Router* (LSR), que transmite os pacotes IP dependendo do rótulo do pacote na interface de entrada e a troca de rótulos (*label swapping*), conforme a Figura 7-1.



**Figura 7-1 Componentes do MPLS**

O tráfego do *ingress* nodo é classificado pela Classe Equivalente de Repasse – FEC, a qual atribui um rótulo. O critério para a classificação pode ser: endereço de origem, endereço de destino, prioridade, qualidade de serviço ou aplicação. Para cada FEC é atribuído um caminho de comutação *Label Switch Path* - LSP, o qual descreve uma conexão entre *ingress node* e *egress node*. Os caminhos LSPs são definidos de



forma estática ou dinâmica, com o auxílio do Protocolo de Distribuição de Rótulos – LDP. O rótulo é distribuído para os componentes LSRs, que armazenam o rótulo em uma tabela, assim, se um pacote alcança um LSR é transmitido conforme a tabela de rótulos. Quando o pacote chega no *egress* nodo, então o rótulo é removido.

De acordo com [HOMMES/00], o MPLS disponibiliza funções voltadas para as redes adaptadas para WANs, uma vez que, o MPOA não irá oferecê-las em um futuro previsível. As diferenças entre as funções são apresentadas no Quadro 7-1.

**Quadro 7-1 Diferenças entre MPLS e MPOA**

	<b>MPOA</b>	<b>MPLS</b>
Conexões de Configuração	Direção dos dados	Direção de controle
Classificação	Pacotes por segundo	Não determinado, os parâmetros possíveis são: endereço de origem, endereço de destino, aplicação (porta IP), VPN.
Tecnologia de rede	ATM	Aberta, pode ser: <i>Ethernet</i> , pacotes sobre <i>Sonet</i> , <i>Frame Relay</i> , ATM
Componentes de Controle	Servidores (MPS), clientes (MPC), roteadores (NHRP), servidores LANE (LECS,LES,BUS)	Roteadores (para as funções de roteamento).
Protocolos envolvidos	LANE V2, NHRP, Protocolos de roteamento.	Protocolos de roteamento
Modelo	Cliente/Servidor	Componentes <i>stand-alone</i>
VPN	Planejado a introdução de VPN-ID, adendum para padronização.	Para ser implementado simplesmente por meio de um caminho comutado rotulado.
IP via abordagens ATM	Modelo revestido, separação de roteadores e comutadores ATM.	Integração de comutadores e roteadores ATM
Qualidade de Serviço, Classe de serviço.	Planejado, <i>addendum</i> para a padronização.	Integrado, o campo de classe de serviço em rótulos.
<i>Multicast</i>	Não suportado	Suportado
Disponibilidade	<i>Since one year</i>	Dentro dos próximos meses, no momento somente produtos proprietários.

O ATM *Forum*, atento às novas necessidades da Internet e à demanda por novos serviços de comunicações inovadoras e de qualidade, criou o Grupo de Trabalho de Colaboração ATM-IP (*Workgroup-AIC*). O AIC acompanha os avanços no protocolo IP

e coordena os aspectos relevantes da interconexão ATM-IP, adicionando mais serviços de IP com a tecnologia ATM. O grupo AIC, somando ao trabalho continuado do IETF para mapear a qualidade de serviço ATM no DiffServ, também iniciou estudos mais amplos da interconexão do ATM e do MPLS.

### **7.1.1. Considerações**

Diante do estudo realizado, percebe-se que, embora o MPOA ofereça às redes o aumento da vazão e a diminuição da latência, a tecnologia MPLS tem apresentado vantagens em relação ao MPOA. O fato de que o MPLS é uma tecnologia recente possibilita a integração de uma série funções que o MPOA não possui, como exemplo: velocidade, escalabilidade, gerenciamento da QoS, engenharia do tráfego, atribuições de níveis de serviços diferenciados, tecnologia voltada para redes virtuais privadas (VPN) e total independência da tecnologia de rede (ATM, *Ethernet*, *Frame Relay*). Estas características deverão ser implementadas pelo MPOA, porém, estas decisões dependem da atualização e aprovação de *addeduns* do MPOA.

---

## 8. Considerações Finais

---

### 8.1. Conclusões

Os objetivos da pesquisa foram alcançados com sucesso. A possibilidade de usar a Rede Metropolitana de Alta Velocidade – RMAV-FLN, permitiu avaliar as características do serviço MPOA em uma rede de alta velocidade. A implementação de um ambiente próprio para os experimentos tornou possível uma avaliação acurada dos seguintes aspectos: conformidade e interoperabilidade dos equipamentos e o desempenho da rede. Nos experimentos foram identificados alguns aspectos de segurança e de operação que caracterizam as deficiências do MPOA, as quais estão sendo supridas em novas abordagens para o emprego de múltiplos protocolos.

Este trabalho trouxe contribuições significativas, dentre elas pode-se citar o conhecimento dos protocolos de comunicação entre as camadas de rede e física, isto é IP sobre ATM, a otimização dos parâmetros dos equipamentos e serviços de rede e o estabelecimento do comportamento do tráfego de rede.

A utilização de uma plataforma de avaliação de conformidade permitiu concluir que todos os equipamentos avaliados estavam em conformidade com os requisitos obrigatórios da recomendação. Foram observadas algumas divergências nos requisitos opcionais, os quais não impedem a realização do serviço, mas melhoram a gerência do ambiente.

A avaliação da interoperação de equipamentos mostrou que as entidades MPOA (cliente/servidor) interoperam independentemente do fabricante e que a interoperação de clientes MPOA dos diferentes fabricantes acontece com sucesso, isto é os atalhos são prontamente estabelecidos. As ferramentas de avaliação utilizadas apresentaram desempenho satisfatório para a realização dos testes.

Com as ferramentas de geração e monitoração de tráfego foram obtidas as métricas de vazão e latência, as quais permitiram conhecer o comportamento do tráfego no ambiente com e sem MPOA. Os experimentos mostraram que no ambiente com MPOA apresenta maior vazão e menor latência. Sendo que o ganho com a vazão é menor do que o ganho com a latência. Este ganho na utilização do serviço MPOA é quantificado em três cenários diferentes (onde variam o número de equipamentos e as

---

interfaces de sinalização ATM) mostrando que, na medida em que aumenta o número de servidores MPOA, o ganho com a vazão aumenta e o ganho com a latência diminui.

A segurança no ambiente MPOA apresenta aspectos críticos pelo fato de até o momento não se ter um controle para a identificar e verificar a autenticidade, e a autorização dos atalhos estabelecidos por clientes MPOA. A tentativa de amenizar o problema foi disponibilizada através da extensão de autenticação, porém, sua atuação proporciona garantia apenas às informações de autenticação entre os clientes e servidores MPOA.

O MPLS é uma alternativa ao MPOA que tem sido considerada como uma evolução na área de redes, por apresentar características de integração de várias outras tecnologias atuais e futuras. O estudo demonstrou que os benefícios do MPLS prometem ser maiores que os benefícios do MPOA.

Como conclusão geral, tem-se que o MPOA é uma tecnologia adequada para as redes locais emuladas e que para redes de longa distância o MPLS surge como tecnologia mais adequada no momento.

## 8.2. Recomendações

Como recomendação para propostas de trabalho futuro tem-se:

- Possibilidades de criar procedimentos de gerência utilizando a MIB MPOA, conforme [Anexo -- Descrição da MIB MPOA];
  - Realizar experimentos utilizando os recursos de QoS no ambiente MPOA, conforme o [ATM94-0220];
  - Possibilidade de experimentos utilizando *multicast* em redes LANE/MPOA;
  - Possibilidade de experimentos da avaliação do desempenho considerando a vazão e latência com o recurso MPOA, utilizando o *Classical IP*;
  - Realização de experimentos de segurança MPOA apresentados no *addendum* MPOA 1.1 [MPOA129/99]
-

## Bibliografia Consultada

- [ALLES/95] ALLES, A. *ATM internetworking*. In: Engineering InterOp. Las Vegas: Cisco Systems, Inc. May, 1995.  
[Http://www.cisco.com/warp/public/614/12.html](http://www.cisco.com/warp/public/614/12.html).
- [ONVUR/97] ONVURAL, R.O. & CHERUKURI, R. *Signaling in ATM networking*. Artech-House, Norwood, USA, 1997.  
*ATM. User-network interface (UNI) Specification Version 3.1*  
[Www.cisco.com.br/cpress/fund/ith2nd/it2420.htm](http://www.cisco.com.br/cpress/fund/ith2nd/it2420.htm)
- [BERTH/99] BERTHILLIER, A. *Multiprotocol over ATM (MPOA)*. Relatório Técnico Xylan Corporation AB-02, rev, Abril, 1999.
- [BRADN/91] BRADNER, S. *Benchmarking terminology for network interconnection devices*, Network Working Group, Request for Comments: 1242, July, 1991.
- [CCITT/91] CCITT Recommendation I.321. *B-ISDN protocol reference model and its application*. Geneva, 1991.
- [CERUT/99] CERUTTI, F. A. *Implantação de um ambiente de gerência em redes ATM utilizando a tecnologia WEB*. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Ago, 1999.
- [CHUANG/96] CHUANG, S. C. *Securing ATM networks. Discussing challenges, security mechanism placement and security requirements of ATM*. Third ACM. In: *Conference on Computer and Communication Security*. New Delhi, India, 1996.
- [CISCO850] *Guide to ATM Technology for the catalyst 8540 MSR. Chapter 2: ATM Signaling and Addressing*.
- [CORREA/00] CORRÊA FILHO, H. *Controle de acesso para gerência de segurança de redes virtuais emuladas*. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina. Out, 2000.
- [DENG/95] DENG, R. H., GONG, L. & LAZAR, A. A. *Security data transfer in Asynchronous Transfer Mode networks*, Proceedings of Globecom. Singapore, Nov., 1995.
- [DOWNES/00] DOWNES, K. FORD, M. et al. *Internetworking: manual de tecnologias: uma referência essencial para todos os profissionais de rede*. Trad. da 2.ed, Campus, 2000.
- [FIPS/94] *Federal Information Processing Standards Publication 188 (FIPS PUB 188). Standard security label for information transfer*. Set., 1994.
- [FRANC/96] FRANCESCHI, A. S. M. de. *Aplicação de desempenho para validar a Gerência pró-ativa de redes*, Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.
- [HANSON/99] HANSON, L. *The impact of ATM on security in data network*, Proc. Of Compsec International. Conf. 12, 1995.
- [HOMMES/00] HOMMES, F et al. *Did MPOA achieve its objective? German National Research Center – GMD*.  
[Http://www.terena.nl/tnc2000/proceedings/index.html](http://www.terena.nl/tnc2000/proceedings/index.html)
- [IBM/99a] IBM Corporation. *ATM user's guide. nways manager – ATM. Version 2.0*. USA, May, 1999a.  
[Http://www.networking.ibm.com/support](http://www.networking.ibm.com/support)
-

- [IBM/99b] IBM Corporation. *Interface configuration and software user's guide. Nways Multiprotocol Comutadored Service Serve. Version 2.2. USA, Edition n. 5, Feb., 1999b.*
- [IBM8210/99] IBM Corporation. *User guide nways multiprotocol switched services (MSS) - Configuring Protocols and Features. C30-3819-02, Feb., 1999.*
- [FORE99] *ForeRunner HE/200E/LE ATM adapters for the PC user's manual. MANU0177-04 – Ver. A – Feb., 1999*
- [IPHASE/01] INTERPHASE Corporation. *6575 compactPCI ATM adapter users guide. Document No. UF06575-000-A. April, 2001*
- [IBM8371/99] IBM Corporation. *83 71 Networking multilayer ethernet switch Software user's guide and configurator reference. No. GC30-9688-01, July, 1999*
- [ATM94-0220] ATM Forum *Introduction to ATM forum test especification – af-Test-0022.000. ATM Forum Technical Committe, December, 1994*
- [IBM/97] IBM Corporation. *User guide troubleshooting IBM LAN/ATM Campus Networks. SG24-2105-00, Nov., 1997.*
- [IP-ATM1932/96] COLE, R. at al. *IP over ATM – a framework document. IETF:RCF 1932, April, 1996.*
- [JAIN/91] JAIN, R. *The Art of computer systems performance analysis. EUA: John Wiley E Sons, 1991.*
- [JAIN/97] JAIN, R. *A survey on ATM security, 1997.*  
[Http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-/ATM\\_security/index.htm](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-/ATM_security/index.htm)
- [KAUFM/95] KAUFMAN, C., PERLMAN, R. & SPECINER, M. *Network security, private communication in a public world. Ed. Englewood Cliffs NJ 07632. Prentice Hall, 1995.*
- [KIMM/96] KIMMINS, J. & BOOTH, B. *Security for ATM networks. Discussing Relevant aspects of ATM security. Computer Security Journal XII (1), 1996, p. 21-29.*
- [LANE112/99] ALTMAN, A., BULLARD, C., FINKELSTEIN, L., et al. *AF-LANE-0112.000 – LAN Emulation over ATM. Version 2. LNNI Specification, Feb., 1999*  
<ftp://ftp.ATMforum.com/pub/approved-specs/af-lane-0112.000.pdf>
- [LANE21/95] ALTMAN, A., BULLARD, C., FINKELSTEIN, L., et al. *The ATM forum technical committee: LAN emulation over ATM. Version 1.0, af-LANE-0021.000, Jan., 1995.*  
[ftp://ftp.ATMforum.com/pub/approved-specs/af-lane-0021.000.mib.](ftp://ftp.ATMforum.com/pub/approved-specs/af-lane-0021.000.mib)
- [LANE57/96] ALTMAN, A., BULLARD, C., FINKELSTEIN, L. et al. *The ATM forum technical committee: LAN emulation servers. Management Specification 1.0, af-LANE-0057.000 – March, 1996.*  
<ftp://ftp.ATMforum.com/pub/approved-specs/af-lane-0057.000.mib>
- [MPOA114/99] PETRI, B. *Multi-protocol over ATM version 1.1 – af-mpoa-0114.000. ATM Forum Technical Committe. May, 1999.*
- [MPOA129/99] PETRI, B. *MPOA 1.1 Addendum on VPN Support. af-mpoa-0129.000. ATM Forum Technical Committe. Oct., 1999.*
- FOX, A. B. *MPOA 1.1 Addendum for quality of service. atm99-0220, Lucent Technologies, April, 1998.*
- [MURHAM/00] MURHAMMER, M. W., et al. *TCP/IP – Tutorial e Técnico. São*

- Paulo: Makron Books, 2000.
- [NATHAM/98] NATHAM, V. R. *Monitoring multi-protocol over ATM (MPOA) transactions for application to interoperability testing*. Tese. Universidade de New Hampshire. Set/1998. <http://www.iol.unh.edu/training/atm/thesis> (11/11/00).
- [NHRP2332/98] LUCIANI, J. et al. *NBMA next hop resolution protocol (NHRP)*, RFC2332 – *Internet Society*, 1998.
- [Q.2931/95] ITU-T Recommendation Q.2931. *B-ISDN – digital subscriber signalling system. n. 2 (DSS 2) – User-Network Interface (UNI) Layer 3 Specification For Basic Call/Connection Control – Telecommunication Standardization Sector of ITU – Series Q: B-ISDN Application Protocol for Access Signalling*, (1995).
- [ROESLER/98] ROESLER, V. *Curso de ATM: asynchronous transfer mode*, Jul, 1998.
- [RYAN/00] RYAN, J. *ATM Testing and Assurance*. Applied Technologies Group. White Paper [http://techguide.zdnet.com/html/atmtest\\_print/index.shtml](http://techguide.zdnet.com/html/atmtest_print/index.shtml), 2000.
- [SCHMIDT/98] SCHMIDT, A. & MINOLI, D. *Multiprotocol over ATM. Building state-of-the art ATM intranets utilizing RSVP NHRP, LANE flow switching, and WWW technology*. Manning Publication, 1998.
- [SEC100/99] ALTMAN, A, BULLARD, C, FINKELSTEIN, L et al. *The ATM forum technical committee. ATM Security Specification Version 1.0 AF-SEC-0100.000*. Feb., 1999b. <Ftp://ftp.ATMforum.com/pub/approved-specs/af-sec-0100.000.pdf>
- [SHURAN/99] SHURAN Software. *IP product testing*, 1999. [http://www.tcpi.com/support/w\\_papers.htm](http://www.tcpi.com/support/w_papers.htm), [12/07/2000].
- [SOARES/95] SOARES, L. F. G. *Redes de computadores: das LANs, MANs e WANs às redes ATM*. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2ª ed., 1995.
- [SPECI/00] SPECIALSKI, E. *Modelo de informação baseado em relacionamentos entre objetos gerenciados para a gerência integrada de ambientes de telecomunicações*. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina. Março, 2000.
- [TAILOR/95] TAYLOR, R. & FINDLOW, G. *Asynchronous transfer mode: security issues. Proc. Australian Telecommunication Networks and Applications Conference, Discussing basic threats and Countermeasures of ATM security. A security architecture is also discussed*. Dez., 1995.
- [TANEN/96] TANENBAUM, A. S. *Redes de computadores*. Trad. da 3ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1997.
- [BUELH022/94] BUELHER, W. *Introduction to ATM forum test specification*. ATM Forum Technical Committee; af-test-022.000, Dec., 1994.
- [VATIA/99] VATIANINEN, H. *Implementation and testing of multi-protocol over ATM client on linux*. Tese. University of Technology da Tampere., Abril, 99.
- [VOYDO/83] VOYDOCK, V. L. & KENT, S. T. *Security mechanisms in high-level network protocols*. ACM Computing Surveys, Vol 15, Nº 2, 1983.

## Anexo – Descrição da MIB MPOA

---

### MPOA MIB Versão 1.1

Este módulo define as Bases de Informações de Gerenciamento (*Management Information Base – MIB*) para gerenciamento de clientes e servidores MPOA, atualizando a versão 1.0.

### Convenções Textuais:

<i>LecIndex</i>	Identifica o LEC para qual as entradas contém informações de gerenciamento
<i>AtmConfigAddr</i>	Endereço ATM da entidade
<i>InternetnetworkAddrType</i>	<i>Internetnetwork Layer Address Types</i>
<i>InternetnetworkAddr</i>	O valor de um endereço em nível <i>internetnetwork</i>
<i>MpcIndex</i>	Um valor único para cada MPC o qual o agente SNMP gerencia. É recomendado associar os valores continuamente a partir de 1. Os valores devem permanecer constantes, mesmo se o MPS ou o agente SNMP forem reinicializados

### Grupos do módulo MIB MPOA

#### Grupo Comum MPOA

#### Grupo de Tipo do Dispositivo

*deviceTypeTable* – Esta tabela representa o mapeamento do endereço LANE Data ATM para dispositivo MAC capacitado. A chave primária é o endereço LANE Data ATM e o *Lec Index* do LEC associado com o endereço MAC.

<i>deviceTypeIndex</i>	As entradas na <i>deviceTypeMpsMacAddressTable</i> com esse índice e cujo valor no <i>deviceTypeType</i> é mps ou mpsAndMps são considerados para ser endereço MAC do MPS
<i>deviceTypeLecIndex</i>	<i>LecIndex</i> do LEC que suporta esse endereço ATM de dados
<i>deviceTypeRemoteLecAtmAddress</i>	O endereço ATM aprendido via LE ARP
<i>deviceTypeType</i>	indica o tipo do dispositivo { 1 – nomMpoa 2 – mps 3 – mpc 4 – mpsAndMpc }
<i>deviceTypeMpsAtmAddres</i>	associado ao endereço do MPS, zero quando mpc ou não MPOA
<i>deviceTypeMpcAtmAddres</i>	associado ao endereço do MPC, zero quando mps ou não MPOA

---



## Grupo Device Type Mps Mpc

### *deviceTypeMpsMacAtmAddressTable*

<i>deviceTypeMpsMacAddress</i>	endereço MAC do MPS contido no TVL que é identificado pelo <i>deviceTypeIndex</i> na <i>deviceTypeTable</i>
--------------------------------	---

## Grupo do Cliente MPOA

### Grupo de Configuração

*mpcNextIndex* – O valor apropriado para novas entrada na *mpcConfigTable* (0 indica que novas entradas não são permitidas)

*mpcConfigTable* – contém informações de todos os MPCs que este agente gerencia

<i>mpcIndex</i>	O índice do mpc
<i>mpcRowStatus</i>	Este objeto permite criação e destruição de MPCs
<i>mpcConfigMode</i>	Especifica qual modo de configuração será usado quando o MPC (re-) inicializar: 1 – automático ( via LECS) 2 – manual (via <i>mpcConfigTable</i> , por ex.)
<i>mpcCtrlAtmAddr</i>	O endereço ATM que será usado nas comunicações com o MPS (não pode mudar)
<i>mpcSCSetupFrameCount</i>	contador dos frames no atalho
<i>mpcSCSetupFrameTime</i>	contador do tempo no atalho
<i>mpcInitialRetryTime</i>	Tempo de <i>timeout</i> para uma nova tentativa nas MPOA <i>Resolution Request</i> (novas tentativas com um <i>timeout</i> de ' <i>retry time</i> '*numero de <i>frames</i> , ou até <i>mpcRetryTimeMaximum</i> )
<i>mpcRetryTimeMaximum</i>	Valor máximo acumulado de tempo de <i>timeout</i>
<i>mpcHoldDownTime</i>	Tempo mínimo de espera para reiniciar uma tentativa sem sucesso de resolução

### Grupo de configuração atual

*MpcActualTable* – tabela de leitura onde estão as informações sobre os valores atuais usados pelos MPCs, que podem estar diferentes dos configurados

<i>mpcActualState</i>	Indica o estado atual do MPC : 1 – desconhecido 2 – inicializando 3 – ligado 4 – desligado
<i>mpcDiscontinuityTime</i>	O tempo entre o início do sistema até uma falha em um ou mais contador(es)
<i>mpcActualConfigMode</i>	Indica como o MPC será configurado na próxima inicialização : 1 – automático (via LECS) 2 – manual (via <i>mpcConfigTable</i> , por ex.)
<i>mpcActualSCSetupFrameCount</i>	Número de frames
<i>mpcActualSCSetupFrameTime</i>	Tempo (este parâmetro junto com o <i>mpcActualSCSetupFrameCount</i> configura a taxa para o disparo do atalho)

<i>mpcActualInitialRetryTime</i>	Tempo para uma nova tentativa de estabelecer o atalho
<i>mpcActualRetryTimeMaximum</i>	Quantidade máxima de tempo (cumulativo) para novas tentativas
<i>mpcActualHoldTime</i>	Tempo mínimo para espera antes de desistir de uma tentativa de atalho

### Grupo de endereços ATM de dados

*MpcDataAtmAddressTable* – esta tabela mostra todos os endereços de dados associados aos MPCs

<i>MpcDataAtmAddress</i>	O endereço de dados do MPC
<i>MpcDataAtmAddressRowStatus</i>	Este objeto permite a criação e a destruição de MPCs

### Grupo de estatísticas

*mpcStatisticsTable* – tabela de leitura onde estão os dados estatísticos dos MPCs. Todos os contadores a seguir podem ser descontinuados se o sistema de gerenciamento ou o MPC for reinicializado.

<i>MpcStatTxMpoaResolveRequests</i>	O número de requisições MPOA enviadas
<i>MpcStatRxMpoaResolveReplyAcks</i>	O número de Respostas MPOA recebidas indicando sucesso no atalho
<i>MpcStatRxMpoaResolveReplyInsufECResources</i>	O número de respostas MPOA recebidas indicando erro por insuficiência de recursos para aceitar uma nova entrada na tabela de <i>cache</i> do <i>egress</i>
<i>mpcStatRxMpoaResolveReplyInsufSResources</i>	O número de respostas MPOA recebidas indicando erro por insuficiência de recursos do <i>egress</i> para aceitar um novo atalho
<i>mpcStatRxMpoaResolveReplyInsufEietherResources</i>	O número de respostas MPOA recebidas indicando erro por insuficiência de recursos para aceitar uma nova entrada na tabela de <i>cache</i> do <i>egress</i> ou um novo atalho
<i>mpcStatRxMpoaResolveReplyUnsupportedInetPort</i>	O número de respostas MPOA recebidas indicando erro devido ao protocolo em nível de rede não ser suportado
<i>mpcStatRxMpoaResolveReplyUnsupportedMacEncaps</i>	O número de respostas MPOA recebidas indicando erro devido ao encapsulamento MAC proposto não ser suportado
<i>MpcStatRxMpoaResolveReplyUnspecifiedOther</i>	O número de respostas MPOA recebidas indicando erro por outros motivos
<i>mpcStatRxMpoaImpRequests</i>	O número de Requisições de entradas de <i>cache</i> recebidas
<i>MpcStatTxMpoaImpReplyAcks</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> enviadas indicando sucesso
<i>mpcStatTxMpoaImpReplyInsufECResources</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS indicando erro devido à falta de recursos para uma nova entrada na tabela de <i>cache</i> do <i>egress</i>
<i>mpcStatTxMpoaImpReplyInsufSResources</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS indicando erro devido à falta de recursos para um novo atalho

<i>mpcStatTxMpoaImpReplyInsufEitherResources</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS indicando erro devido à falta de recursos para uma nova entrada na tabela de <i>cache</i> do <i>egress</i> ou um novo atalho
<i>mpcStatTxMpoaImpReplyUnsupportedInetProt</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS indicando erro devido ao protocolo em nível de rede não ser suportado
<i>mpcStatTxMpoaImpReplyUnsupportedMacEncaps</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS indicando erro devido ao encapsulamento MAC proposto pelo <i>ingress</i> não ser suportado
<i>mpcStatTxMpoaImpReplyUnspecifiedOther</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS não contadas em nenhum outro contador
<i>mpcStatTxMpoaEgressCachePurgeRequests</i>	O número de requisições de atualização de alguma entrada na tabela <i>cache</i> do <i>egress</i> transmitidas
<i>mpcStatRxMpoaEgressCachePurgeReplies</i>	O número de respostas de atualização de alguma entrada na tabela <i>cache</i> do <i>egress</i> recebidas
<i>mpcStatRxMpoaKeepAlives</i>	O número de mensagens <i>keep alive</i> recebidas
<i>mpcStatRxMpoaTriggers</i>	O número de disparos MPOA
<i>mpcStatRxMpoaDataPlanePurges</i>	O número de requisições de atualização dados do <i>egress</i> transmitidas
<i>mpcStatTxMpoaDataPlanePurges</i>	O número de respostas de atualização dados do <i>egress</i> recebidas
<i>mpcStatRxNhrpPurgeRequests</i>	O número de pedidos de atualização NHRP recebidos
<i>mpcStatTxNhrpPurgeReplies</i>	O número de respostas de atualização NHRP enviados
<i>MpcStatRxErrUnrecognizedExtensions</i>	O número de pacotes recebidos com erro devido à extensões desconhecidas
<i>mpcStatRxErrLoopDetecteds</i>	O número de pacotes recebidos com erro devido à detecção de <i>loop</i>
<i>mpcStatRxErrProtoAddrUnreachable</i>	O número de pacotes recebidos com erro devido ao endereço de protocolo inalcançável
<i>mpcStatRxErrProtoErrors</i>	O número de pacotes recebidos com erro devido à erros de protocolo
<i>mpcStatRxErrSduSizeExceededs</i>	O número de pacotes recebidos com erro devido ao tamanho da SDU ( <i>Service Data Unit</i> ) ter excedido o permitido
<i>mpcStatRxErrInvalidExtensions</i>	O número de pacotes recebidos com erro devido à extensões inválidas
<i>mpcStatRxErrInvalidReplies</i>	O número de pacotes recebidos com erro devido a erros na resposta
<i>mpcStatRxErrAuthenticationFailures</i>	O número de pacotes recebidos com erro devido a erros na autenticação
<i>mpcStatRxErrHopCountExceededs</i>	O número de pacotes recebidos com erro devido ao número de nodos ser maior que o permitido

### Grupo de protocolos suportados

*MpcProtocolTable* – cada entrada nesta tabela indica um protocolo para o qual o MPC irá monitorar o tráfego. Se a configuração foi obtida a partir do LECS, e o protocolo está habilitado, então os valores recebidos do LECS irão se refletir nesta tabela.

<i>mpcFlowDetectProtocol</i>	O protocolo no qual a monitoração do tráfego será executada
<i>mpcLESCValue</i>	Este objeto indica se a entrada corrente é obrigada a restaurar suas informações a partir do LECS ou não. 1 – verdadeiro 2 – falso
<i>MpcProtocolRowStatus</i>	Este objeto permite a criação e a destruição de MPCs

### Grupo de mapeamento LEC -> MPC

*mpcMappingTable* – a tabela de mapeamento do índice do LEC para o índice do MPC (*lecIndex*->*mpcIndex*)

<i>mpcMappingRowStatus</i>	Este objeto é usado pelo agente ou gerente para criar, apagar ou modificar uma entrada nesta tabela
<i>mpcMappingIndex</i>	O <i>mpcIndex</i> do MPC que está executando a monitoração do tráfego para o LEC representado pelo <i>lecIndex</i>

### Grupo de informações sobre o MPS

*mpcMpsTable* – esta tabela contém as informações do MPS que os MPCs conhecem o endereço

<i>MpcMpsIndex</i>	O índice do MPS
<i>MpcMpsAtmAddr</i>	O endereço de controle ATM do MPS

### Grupo de endereços MAC do MPS

*mpcMpsMultipleMacAddressTable* – esta tabela contém informações sobre todos os endereços MAC do MPS que os MPCs conhecem (descobertas durante a monitoração do tráfego).

<i>MpcFlowDetectLecIndex</i>	O <i>lecIndex</i> que representa o LEC associado
<i>MpcMpsMacAddressIndex</i>	Este valor é usado para diferenciar endereços MAC do mesmo MPS usados pelo MPC durante a monitoração do tráfego. Este valor deve ser único dentro do escopo desta tabela
<i>MpcMpsFlowDetectMacAddress</i>	O endereço MAC do MPS usado durante a monitoração do tráfego

### Grupo do total de pacotes do *Ingress*

*mpcIngressCacheTxTotalPackets* – número total de pacotes enviados por atalhos MPOA

### Grupo do total de octetos do *Ingress*

*mpcIngressCacheTxTotalOctets* – número total de octetos enviados por atalhos MPOA

**Grupo da cache do Ingress**

*mpcIngressCacheTable* – Esta tabela contém informações de *cache* para o MPC *ingress*

<i>MpcIngressCacheDestInnetworkAddrType</i>	O tipo do endereço (de rede) do destino
<i>MpcIngressCacheDestAddr</i>	O endereço (de rede) do destino
<i>MpcIngressCachePrefixLen</i>	Define uma classe equivalente de endereços que se identifiquem quanto a posição dos bits indicando o tamanho do prefixo do endereço de destino
<i>MpcIngressCacheScrAtmAddr</i>	O endereço ATM do fonte para a requisição MPOA
<i>MpcIngressCacheDestAtmAddr</i>	O endereço ATM de destino recebido por uma resposta MPOA
<i>MpcIngressCacheEntryState</i>	Indica o estado desta <i>cache</i> : 1 – inexistente : ainda não disponível 2 – inativo : existente porém ainda não ativo 3 – ativo : existente e ativo 4 – negativo : existente porém negativo (por causa de um NAK ou <i>retry</i> )
<i>MpcIngressCacheEgressCacheTagValid</i>	Se o valor deste objeto for verdadeiro, então o <i>Tag</i> de <i>cache</i> do <i>Egress</i> está presente e o valor desta <i>Tag</i> esta em <i>mpcIngressCacheEgressCacheTag</i> . 1 : verdadeiro 2 : falso
<i>MpcIngressCacheEgressCacheTag</i>	Se uma <i>Tag</i> de <i>cache</i> do <i>Egress</i> está presente, este objeto contém o valor desta tag. Observar o valor da <i>mpcIngressCacheEgressTagValid</i>
<i>MpcIngressCacheLastNhrpCieCode</i>	O último código CIE (NHRP <i>Client Information Element</i> ). Este valor é válido durante o tempo especificado em <i>Hold Down Time</i>
<i>MpcIngressCacheSigErrCode</i>	O código de erro ou sucesso da última requisição
<i>MpcIngressCacheRetries</i>	O número atual de vezes que este MPC emitiu um pedido da definição desde que recebeu uma resposta válida
<i>MpcIngressCacheTimeUntilNextResolutionRequest</i>	O tempo que o MPC deve esperar antes de enviar a próxima requisição
<i>MpcIngressCacheHoldingTime</i>	O tempo que esta entrada será válida
<i>MpcIngressCacheServiceCategory</i>	As categorias de serviço suportadas para este atalho

**Grupo do total de pacotes Egress**

*mpcEgressCacheRxTotalPackets* – número total de pacotes recebidos por atalhos MPOA

**Grupo do total de octetos do Egress**

*mpcEgressCacheRxTotalOctets* – número total de octetos recebidos por atalhos MPOA

### Grupo da cache do Egress

*MpcEgressCacheTable* – informações de cache do MPC Egress

<i>MpcEgressCacheId</i>	Identificador providenciado pelo MPS na <i>Cache Imposition Request</i>
<i>MpcEgressCacheDestInnetworkAddrType</i>	O tipo do endereço (de rede) nesta entrada
<i>MpcEgressCacheIDestAddr</i>	O endereço (de rede) do destino para qual esta entrada é definida
<i>MpcEgressCachePrefixLen</i>	Define uma classe equivalente de endereços que se identifiquem quanto a posição dos bits indicando o tamanho do prefixo do endereço de destino
<i>MpcEgressCacheEntryState</i>	Indica o estado desta <i>cache</i> : 1 – inexistente : ainda não disponível 2 – inativo : existente porém ainda não ativo 3 – ativo : existente e ativo 4 – negativo : existente porém negativo (por causa de um NAK ou <i>retry</i> )
<i>MpcEgressCacheEgressCacheTagValid</i>	Se o valor deste objeto for verdadeiro, então o <i>Tag</i> de <i>cache</i> do <i>Egress</i> está presente e o valor desta <i>Tag</i> esta em <i>mpcIngressCacheEgressCacheTag</i> . 1 : verdadeiro 2 : falso
<i>MpcEgressCacheEgressCacheTag</i>	Se uma <i>Tag</i> de <i>cache</i> do <i>Egress</i> está presente, este objeto contém o valor desta <i>tag</i> . Observar o valor da <i>mpcIngressCacheEgressTagValid</i>
<i>MpcEgressCacheHoldTime</i>	O tempo restante em que esta entrada será valida
<i>MpcEgressCacheDataLinkHeader</i>	O cabeçalho com a qual o cliente <i>egress</i> reconstrói o pacote original
<i>MpcEgressCacheIngressMpcDataAtmAddr</i>	O endereço ATM de dados do MPC <i>ingress</i> que emitiu a requisição MPOA
<i>MpcEgressCacheLecIndex</i>	Este valor é o <i>lecIndex</i> do LEC associado com este tráfego. Pode ser usado para obter o nome da ELAN ou outros parâmetros LANE
<i>MpcEgressCacheServiceCategory</i>	as categorias de serviço suportadas. Representa um OU dos bits: 1 – se rt-VBR é suportado 2 – se nrt-VBR é suportado 4 – se ABR é suportado 8 – se CBR é suportado 0 – indica que UBR é suportado

### Grupo do Servidor MPOA

*mppsNextIndex* – um valor apropriado para ser usado como índice para novas entradas na tabela de configuração do MPS. O valor 0 indica que não há possibilidade de novas entradas

### Grupo de Configuração

*mppsConfigTable* – representa as informações de configuração para todos os MPSs que este agente gerencia

<i>MppsIndex</i>	Identifica uma única entrada na tabela de configuração
<i>MppsRowStatus</i>	Indica o estado da entrada
<i>MppsConfigMode</i>	Indica o modo de configuração
<i>MppsCtrlAtmAddr</i>	Indica o endereço de controle do MPS
<i>MppsKeepAliveTime</i>	Indica o tempo máximo entre os envios de mensagens <i>keep alive</i> -> MPS-p1
<i>MppsKeepAliveLifeTime</i>	Indica o intervalo de tempo onde a mensagem de <i>keep alive</i> pode ser considerada válida-> MPS-p2
<i>MppsInitialRetryTime</i>	O valor de tempo em segundos para uma nova tentativa -> MPS-p4
<i>MppsRetryTimeMaximum</i>	O valor de tempo máximo (cumulativo) para novas tentativas-> MPS-p5
<i>MppsGiveupTime</i>	O valor de tempo em segundos a serem aguardados antes de desistir de uma tentativa de resolução -> MPS-p6
<i>MppsDefaultHoldingTime</i>	Para uso em respostas NHRP-> MPS-p7

### Grupo das configurações atuais

*mppsActualTable* – Esta tabela contém a identificação, o estado e as informações operacionais atualizadas sobre os MPSs que este agente gerencia, uma vez que esses valores podem ser diferentes dos iniciais.

<i>MppsActualState</i>	Indica o estado atual do MPS : 1 – desconhecido 2 – inicializando 3 – ligado 4 – desligado
<i>MppsDiscontinuityTime</i>	O tempo decorrido entre a inicialização do sistema e a mais recente ocasião em que qualquer um ou mais contadores apresentaram alguma descontinuidade
<i>MppsActualConfigMode</i>	Indica como o MPS será configurado na próxima inicialização : 1 – automático (via LECS) 2 – manual (via <i>mppsConfigTable</i> , por ex.)
<i>MppsActualKeepAliveTime</i>	Indica o tempo máximo entre os envios de mensagens <i>keep alive</i>
<i>MppsActualKeepAliveLifeTime</i>	Indica o intervalo de tempo onde a mensagem de <i>keep alive</i> pode ser considerada válida
<i>MppsActualInitialRetryTime</i>	Tempo para uma nova tentativa de estabelecer o atalho
<i>MppsActualRetryTimeMaximum</i>	Quantidade máxima de tempo (cumulativo) para novas tentativas
<i>MppsActualGiveupTime</i>	Tempo mínimo para espera antes de desistir de uma tentativa de atalho
<i>MppsActualDefaultHoldingTime</i>	O tempo atual de Holding Time usado nas respostas NHRP

### Grupo de Estatísticas

*mpsStatisticsTable* – esta tabela representa as informações estatísticas para os MPSs gerenciados (por este agente). Cada linha da tabela representa as estatísticas de um MPS

<i>MpsStatRxMpoaResolveRequests</i>	O número de Requisições MPOA recebidas por este MPS, as quais serão traduzidas para Requisições NHRP
<i>MpsStatRxMpoaResolveReplyAcks</i>	O número de Respostas MPOA transmitidas indicando sucesso no atalho
<i>MpsStatRxMpoaResolveReplyInsufECResources</i>	O número de respostas MPOA transmitidas indicando erro por insuficiência de recursos para aceitar uma nova entrada na tabela de <i>cache</i> do <i>egress</i>
<i>MpsStatRxMpoaResolveReplyInsufSCResources</i>	O número de respostas MPOA transmitidas indicando erro por insuficiência de recursos para aceitar um novo atalho
<i>MpsStatRxMpoaResolveReplyInsufEitherResources</i>	O número de respostas MPOA transmitidas, indicando erro por insuficiência de recursos para aceitar uma nova entrada na tabela de <i>cache</i> do <i>egress</i> ou um novo atalho
<i>MpsStatRxMpoaResolveReplyUnsupportedInetProt</i>	O número de respostas MPOA transmitidas indicando erro devido ao protocolo em nível de rede não ser suportado
<i>MpsStatRxMpoaResolveReplyUnsupportedMacEncaps</i>	O número de respostas MPOA transmitidas indicando erro devido ao encapsulamento MAC proposto não ser suportado
<i>MpsStatRxMpoaResolveReplyUnspecifiedOther</i>	O número de respostas MPOA transmitidas indicando erro por outros motivos
<i>MpsStatRxMpoaResolveReplyOther</i>	O número de respostas MPOA transmitidas não contadas em nenhum contador acima, incluindo erros NHRP
<i>MpsStatGiveupTimeExpires</i>	O número de vezes que o tempo mínimo para aguardar uma resolução expirou
<i>MpsStatTxMpoaImpRequests</i>	O número de Requisições de entradas de <i>cache</i> transmitidas por este MPS
<i>MpsStatRxMpoaImpReplyAcks</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS indicando sucesso
<i>MpsStatRxMpoaImpReplyInsufECResources</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS indicando erro devido à falta de recursos para uma nova entrada na tabela de <i>cache</i> do <i>egress</i>
<i>MpsStatRxMpoaImpReplyInsufSCResources</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS indicando erro devido à falta de recursos para um novo atalho
<i>MpsStatRxMpoaImpReplyInsufEitherResources</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS indicando erro devido à falta de recursos para uma nova entrada na tabela de <i>cache</i> do <i>egress</i> ou um novo atalho
<i>MpsStatRxImpReplyUnsupportedInetProt</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS indicando erro devido ao protocolo em



	nível de rede não ser suportado
<i>MpsStatRxImpReplyUnsoportedMacEncaps</i>	O número de respostas de entradas de cache recebidas por este MPS indicando erro devido ao encapsulamento MAC proposto pelo <i>ingress</i> não ser suportado
<i>MpsStatRxImpReplyUnspecifiedOther</i>	O número de respostas de entradas de <i>cache</i> recebidas por este MPS não contadas em nenhum outro contador
<i>MpsStatRxMpoaEgressCachePurgeRequest</i>	O número de requisições de limpeza de alguma entrada na tabela <i>cache</i> do <i>egress</i>
<i>MpsStatTxMpoaEgressCachePurgeReplies</i>	O número de respostas de limpeza de alguma entrada na tabela <i>cache</i> do <i>egress</i>
<i>MpsStatTxMpoaTriggers</i>	O número de disparos MPOA transmitidos
<i>MpsStatTxNhrpResolveRequests</i>	O número de requisições MPOA traduzidas para requisições NHRP e enviadas ao NHS
<i>MpsStatRxNhrpResolveReplies</i>	O número de respostas NHRP recebidas pelo MPS <i>ingress</i>
<i>MpsStatRxNhrpResolveRequests</i>	O número de requisições NHRP recebidas pelo MPS <i>egress</i> do NHS
<i>MpsStatTxNhrpResolveReplies</i>	O número de respostas NHRP transmitidas pelo MPS <i>egress</i>

### Grupo de Protocolos Suportados

*MpsProtocolTable* – cada linha indica um protocolo para o qual o MPS irá executar resoluções MPOA

<i>MpsInternetNetworkLayerProtocol</i>	Um protocolo suportado pelo servidor
<i>MpsLECSValue</i>	Se a entrada atual é configurada via LECS ou não
<i>MpsProtocolRowStatus</i>	Permite aos gerentes da rede habilitarem resoluções para o ' <i>mpsInternetNetworkLayerProtocol</i> '

### Grupo de mapeamento LEC -> MPS

*MpsMappingTable* – uma tabela de mapeamento entre o índice dos LECs para os índices dos MPSs correspondentes.

<i>MpsMappingRowStatus</i>	Permite criação, habilitar/desabilitar esta linha
<i>MpsMappingIndex</i>	Este valor esta associado ao LEC. Corresponde ao <i>mpsIndex</i>

### Grupo de informações sobre os MPCs do MPS

*MpsMpcTable* – esta tabela contém informações apenas de leitura sobre os MPCs que estes MPSs conhecem.

<i>MpsMpcIndex</i>	Índice local para o MPC representado nesta entrada
<i>MpsMpcCtrlAtmAddr</i>	O endereço de controle ATM do MPC

### Grupo da cache do Ingress

*MpsIngressCacheTable* – esta tabela guarda todas as informações da *cache* do *ingress* dos MPSs que este agente gerencia

<i>MpsIngressCacheDestInternetworkAddrType</i>	O tipo do endereço do destinatário
<i>MpsIngressCacheDestAddr</i>	O endereço do MPS <i>ingress</i> destinatário
<i>MpsIngressCachePrefixLen</i>	O tamanho do prefixo do <i>mpsIngressCacheDestAddr</i>
<i>MpsIngressCacheEntryState</i>	O estado desta <i>cache</i> do MPS <i>ingress</i> . Os valores possíveis são : 1 – inexistente: ainda não disponível 2 – inativo: existente porém ainda não ativo 3 – ativo: existente e ativo 4 – negativo: existente porém negativo
<i>MpsIngressCacheSrcInternetworkAddrType</i>	O tipo do endereço do fonte
<i>MpsIngressCacheSrcAddr</i>	O endereço do MPS <i>ingress</i> fonte
<i>MpsIngressCacheResolveAtmAddress</i>	O endereço de controle do MPC <i>ingress</i>
<i>MpsIngressCacheHoldTime</i>	O intervalo de tempo onde esses valores são válidos
<i>MpsIngressCacheMpoaRequestId</i>	O ID da requisição contido na requisição MPOA do MPC <i>ingress</i>
<i>MpsIngressCacheNhrpRequestId</i>	O ID da requisição para os quais o MPS gera para identificar a requisição NHRP
<i>MpsIngressCacheServiceCategory</i>	As categorias de serviço suportadas por este atalho.

### Grupo de (Imposições de) Cache do MPS Egress

*MpsEgressCacheTable* – esta tabela contém informações relativas à tabela de *cache* do MPS *egress*

<i>MpsEgressCacheId</i>	Identifica uma única entrada na <i>cache</i>
<i>MpsEgressCacheDestInternetworkAddrType</i>	O tipo do protocolo do endereço do destinatário
<i>MpsEgressCacheDestAddr</i>	O endereço do MPS destinatário
<i>MpsEgressCachePrefixLen</i>	O tamanho do prefixo do destinatário
<i>MpsEgressCacheHoldTime</i>	O intervalo de tempo em que estes valores permanecerão válidos
<i>MpsEgressCacheEntryState</i>	O estado desta <i>cache</i> do MPS <i>ingress</i> . Os valores possíveis são : 1 – inexistente: ainda não disponível 2 – inativo: existente porém ainda não ativo 3 – ativo: existente e ativo 4 – negativo: existente porém negativo
<i>MpsEgressCacheDataLinkHeader</i>	O cabeçalho DLL
<i>MpsEgressCacheElanId</i>	O <i>id</i> da ELAN para qual esta imposição de <i>cache</i> esta sendo enviada
<i>MpsEgressCacheSourceClientAtm</i>	O endereço ATM do NHC <i>ingress</i> usado na imposição de

<i>Addr</i>	<i>cache original</i>
<i>MpsEgressCacheNhrpRequestID</i>	O ID da requisição da requisição NHRP original
<i>MpsEgressCacheMpoaRequesID</i>	O novo ID da requisição gerado pela imposição de <i>cache</i>
<i>MpsEgressCacheServiceCategory</i>	As categorias de serviços suportadas para este atalho
<i>MpsEgressCacheNextHopInternet workAddrType</i>	O tipo do protocolo de endereço do próximo nodo
<i>MpsEgressCacheNextHopAddr</i>	O endereço do próximo nodo