

EXPERIMENTOS

A realização de experimentos é essencial a qualquer plano de implementação de uma tecnologia. Para a implementação da tecnologia IP multicast foram realizados vários experimentos que abordaram desde sua conectividade até possíveis serviços a serem disponibilizados.

Quanto a conectividade foi realizadas várias configurações para uma mesma topologia utilizada e os serviços foram testados utilizando-se vários programas disponíveis na Internet, tais como *Video Conferencing Tool – VIC* , o *Windows Media Service – WMS* entre outros.

Os experimentos foram realizados, principalmente, no laboratório do CAT – CBPF e também entre algumas instituições participantes da Rede Rio de Computadores. Os equipamentos utilizados nos experimentos realizados no laboratório do CAT – CBPF foram:

- 2 Roteadores Cisco série 2500, IOS 12.2(7)
- 1 Roteador Cisco série 2500, IOS 11.2(23)
- 1 *Switch* Cisco série 3500
- 1 *Switch* Cisco série 3000
- 1 *Switch* IBM série 8271
- 1 *Hub* 3Com série *Super Stack II*
- 2 CoreBuilder 3Com série CB7000
- 1 Estação Silicon Graphics
- 1 Estação Windows 2000
- 1 Estação Windows 98
- 1 Estação Windows XP

Todos os resumos dos arquivos de configuração dos roteadores utilizados nos experimentos dentro do laboratório da CAT – CBPF se encontram no Anexo 1 deste projeto.

EXPERIMENTO EM REDE LOCAL

Neste experimento foram testados os serviços e a conectividade dos dispositivos envolvidos. Os serviços a serem testados foram os de vídeo conferência utilizando os programas *Session Directory* – SDR , *Video Conferencing Tool* – VIC , *Robust Audio Tool* – RAT e os de distribuição de conteúdo multicast através dos programas *Windows Media Service* – WMS e *Windows Media Player* – WMP , para tratamento do vídeo utilizamos o *Windows Media Encoder* – WME. A conectividade foi testada com mudanças na topologia da rede utilizada.

Parte 1

Com o intuito de obter um primeiro contato com a tecnologia foi concebido um experimento com a topologia mais simples em que se pode utilizar o IP multicast, isto é, uma rede baseada em *hub* com apenas um roteador. Com esta topologia deve ser analisada a configuração de servidores, o tráfego da informação e a configuração de clientes entre outros aspectos.

Os equipamentos utilizados nesta parte do experimento foram:

- Roteador Cisco série 2500, IOS 12.2(7)
- 1 *Hub* 3Com série *Super Stack II*
- 1 Estação Silicon Graphics
- 1 Estação Windows 2000
- 1 Estação Windows XP

A Figura 42 abaixo mostra a topologia e os recursos utilizados na realização nesta parte deste experimento.

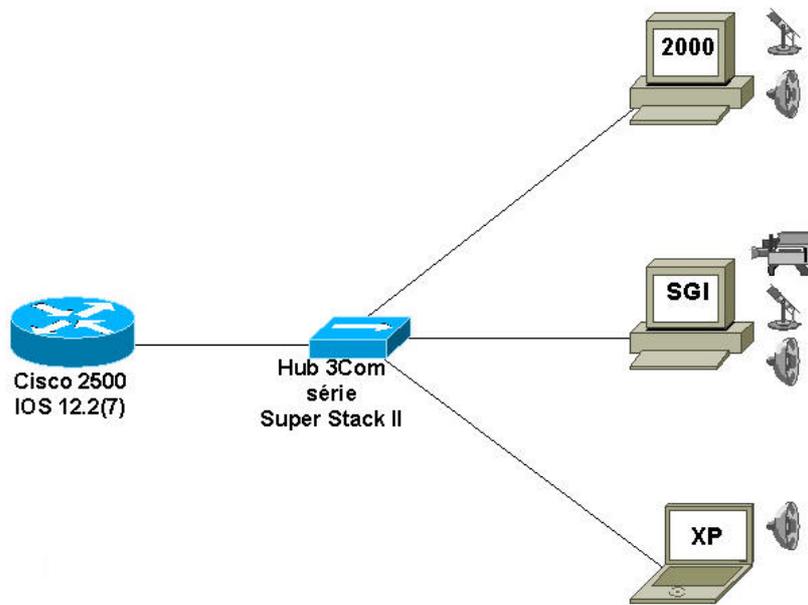


Figura 1: Mostra a topologia e os recursos utilizados na parte 1 deste experimento.

Configuração

Estação Silicon Graphics

- Esta estação irá transmitir e receber áudio e vídeo, através do programas SDR, VIC e RAT.
- Para transmitir, o SDR deve ser configurado para capturar as imagens da câmera e disponibilizá-las para transmissão:
 - Iniciar o SDR, através do comando: *./sdr*
 - Clicar em *New / Create advertised session*
 - Acrescentar nome e descrição da sessão, selecionar as mídias a serem utilizadas
 - Clicar em *Create*
- Para receber as transmissões o VIC e o RAT deverão ser direcionados para os arquivos transmitidos:
 - Iniciar o VIC, através do comando: *./vic ipmulticastdotransmissor/porta*
 - Iniciar o RAT, através do comando: *./rat ipmulticastdotransmissor/porta*

Estação Windows 2000

- Esta estação irá transmitir e receber áudio e vídeo, através do programas SDR, VIC, RAT WMS e WMP.
- Para transmitir utilizando o serviço WMS, este deve ser inicializado. Deve então ser criada uma estação multicast para prover o conteúdo a ser distribuído, a seqüência completa está no anexo 2 desta publicação. Em resumo a configuração de obedecer a seguinte seqüência:
 - Determinar o vídeo a ser utilizado, com a extensão asf;
 - Iniciar o Windows Media Administrator no menu *Start / Programs / Administrative Tools / Windows Media*;
 - Clicar em *Multicast Station*;
 - Clicar em *Stations* e selecionar *New...*;
 - Acrescentar nome e descrição da estação. Selecionar *Multicast only*;
 - Acrescentar *Program Name* e *Stream Name*. Marcar as duas caixas disponíveis;
 - Selecionar *Advanced Streaming Format (.asf) File*;
 - Especificar a URL referente ao arquivo;
 - Especificar o caminho para o arquivo .asf dentro do servidor;
 - Criar o arquivo de extensão .nsc;
 - Especificar a URL referente ao arquivo criado;
 - Clicar em *Next* e *Finish*.
- Para receber as transmissões o WMP deve ser configurado para visualizar o vídeo direcionando-o para o arquivo da estação.
 - Iniciar o WMP no menu *Start / Programs / Windows Media Player*
 - Clicar em *File / Open URL*
 - Acrescentar *http://ipdamaquinaatransmissora/arquivo.nsc*
- O SDR também pode ser utilizado como servidor, obedecendo a seguinte seqüência:
 - Iniciar o SDR no menu *Start / Programs / Mbone Tools*
 - Clicar em *New / Create advertised session*
 - Acrescentar nome e descrição da sessão
 - Selecionar o tipo de sessão
 - Determinar o horário de início e término da sessão

- Determinar o alcance da transmissão
- Selecionar as mídias a serem utilizadas
- Acrescentar a pessoa a ser contatada
- Determinar os parâmetros de segurança
- Clicar em *Accept*
- Para receber as transmissões o VIC e o RAT deverão ser direcionados para os arquivos transmitidos:
 - Iniciar o VIC, através do comando: ***vic ipmulticastdotransmissor/porta***
 - Iniciar o RAT, através do comando: ***rat ipmulticastdotransmissor/porta***

Estação Windows XP

- Esta estação irá receber áudio e vídeo, através do programas SDR, VIC, RAT e WMP.

A configuração destes programas é feita da mesma maneira que foi feita na estação Windows 2000.

Para o roteador:

- Habilitar roteamento Multicast:
 - #conf t
 - #ip multicast-routing
- Configurar a interface:
 - #conf t
 - #interface nomedainterface
- Quando utilizado PIM-DM é colocado na interface
 - #ip pim dense-mode
- Quando utilizado PIM-SM é colocado no roteador
 - #ip pim rp-address endereçodoRP
 - na interface
 - #ip pim sparse-mode

Análise

A análise dos serviços nos mostrou que os programas SDR, VIC, RAT são melhores para a realização de vídeo conferências, uma vez que o WMS introduz um atraso de 20 segundos na conversação, tornando-o muito desconfortável para o usuário. A introdução do atraso se deve a codificação do vídeo a ser transmitido realizada pelo WME. Para disponibilização de conteúdo multimídia como palestras, vídeos gravados, apresentações o WMS se mostrou a melhor ferramenta, já que possui recursos de agendamento, senha para acesso, gerenciamento e uma programação intuitiva.

Para análise de conectividade foram realizadas duas configurações diferentes. A primeira utilizando PIM-DM e a segunda utilizando PIM-SM.

A análise das configurações nos permitiu a conclusão de que para esta topologia não ocorrem mudanças no tráfego da informação, com a replicação do tráfego multicast nas portas do *hub*. Fato que é característico do equipamento.

Parte 2

Nesta parte do experimento foi utilizada a mesma topologia da parte anterior, porém no lugar do *hub* foi colocado um *switch* Cisco série 3000. Os procedimentos para a configuração dos dispositivos são os mesmos.

Os equipamentos utilizados nesta parte do experimento foram:

- Roteador Cisco série 2500, IOS 12.2(7)
- 1 *Switch* Cisco série 3000
- 1 Estação Silicon Graphics
- 1 Estação Windows 2000
- 1 Estação Windows XP

A Figura 43 abaixo mostra a topologia e os recursos utilizados na realização nesta parte deste experimento.

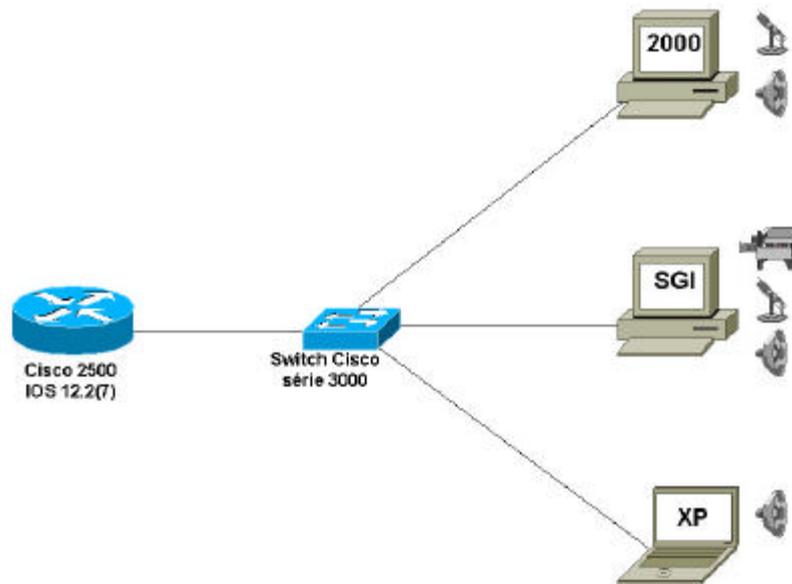


Figura 2: Mostra a topologia e os recursos utilizados na parte 2 deste experimento.

Análise

A análise dos serviços não sofreu alteração em relação a parte 1 deste experimento.

As análises de conectividade para o PIM-DM e para o PIM-SM revelaram um detalhe peculiar ao multicast. O tráfego multicast foi replicado em todas as portas do *switch*, o que altera sua função de separar domínios de colisão. Esta mudança de comportamento do *switch* pode acarretar em uma diminuição da qualidade da rede como um todo, devido ao aumento da taxa de colisão, a existência de tráfego desnecessário gerado em segmentos da rede não participantes daquele grupo multicast e da elevação da utilização da CPU do *switch*. Fatos que evidenciam a necessidade do uso de algum dos protocolos mencionados no capítulo sobre **Multicast em Redes Baseadas em Switchs**.

Análise do Experimento

A utilização de uma topologia simples restringiu o número de variáveis ligadas a erros na configuração dos dispositivos, aumentando a relação aprendizado por tempo.

Na análise dos serviços podemos tirar algumas conclusões no que diz respeito a determinação de quais serviços podem ser disponibilizados através de quais programas. Para o serviço de vídeo conferência o melhor programa foi o pacote

composto pelos programas SDR, VIC e RAT, pois estes apresentaram melhor qualidade visual e menor retardo, apesar de não possuírem uma interface amigável para a sua configuração por parte de um usuário. O WMS por sua vez se mostrou a melhor ferramenta para a distribuição de conteúdo multimídia como palestras, apresentações e etc.

A análise de conectividade evidenciou o comportamento do tráfego multicast nos dispositivos envolvidos, deve ser ressaltado que o tráfego multicast quando introduzido em um *switch* é replicado em todas as suas portas.

EXPERIMENTO ENTRE REDES PERTENCENTES AO MESMO SA

Neste experimento foi testada, principalmente, a conectividade dos dispositivos envolvidos. A partir da utilização de diferentes protocolos de roteamento unicast. Os protocolos de roteamento unicast utilizados foram o Routing Information Protocol – RIP , o Open Shortest Path First – OSPF e Rotas Estáticas. Estes protocolos foram escolhidos devido a sua implementação na Rede Rio de Computadores e em seus afiliados.

Os serviços utilizados foram os de vídeo conferência através dos programas SDR, VIC, RAT e os de distribuição de conteúdo multicast através dos programas WMS e WMP, para tratamento do vídeo utilizamos o WME.

Os procedimentos para a configuração dos dispositivos são os mesmos vistos no experimento anterior. Os equipamentos utilizados neste experimento foram:

- 2 Roteadores Cisco série 2500, IOS 12.2(7)
- 1 Roteador Cisco série 2500, IOS 11.2(23)
- 1 *Switch* Cisco série 3500
- 1 *Switch* IBM série 8271
- 1 Estação Silicon Graphics
- 1 Estação Windows 2000
- 1 Estação Windows 98
- 1 Estação Windows XP

A Figura 44 abaixo mostra a topologia e os recursos utilizados para todas as variações do experimento.

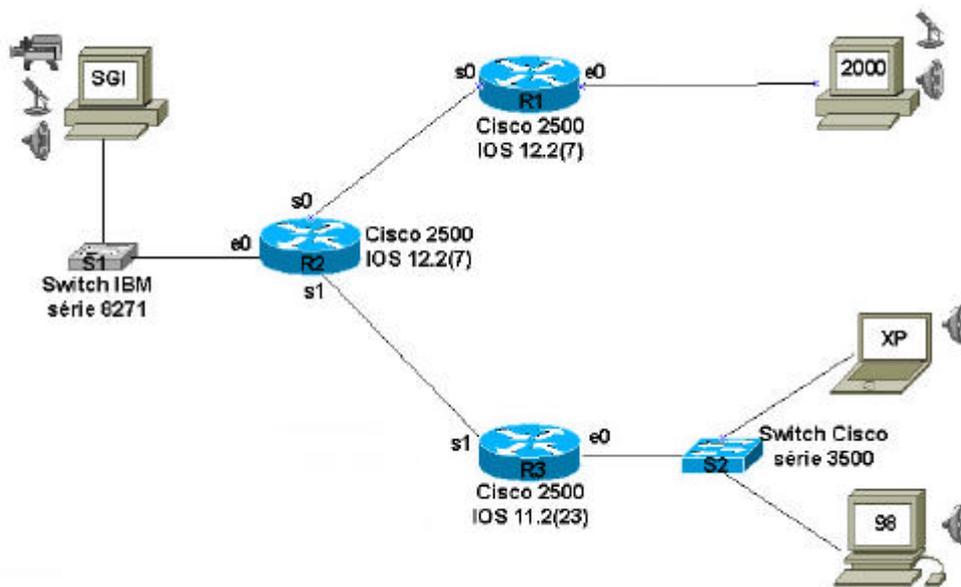


Figura 3: Mostra a topologia e os recursos utilizados para todas as variações do experimento.

Parte 1

Esta parte do experimento vai tratar a utilização do multicast em uma rede baseada no protocolo de roteamento RIP. Todos os roteadores da rede foram configurados com o protocolo de roteamento RIP. Serão realizadas análises de conectividade multicast com uma rede totalmente PIM-DM e totalmente PIM-SM.

Análise

As análises de conectividade para o PIM-DM e para o PIM-SM mostraram o correto funcionamento do IP multicast com o protocolo de roteamento RIP. Verificando a compatibilidade do PIM com o protocolo RIP.

Parte 2

Esta parte do experimento vai tratar a utilização do multicast em uma rede baseada no protocolo de roteamento OSPF. Todos os roteadores da rede foram configurados com o protocolo de roteamento OSPF. Serão realizadas análises de conectividade multicast com uma rede totalmente PIM-DM e totalmente PIM-SM.

Análise

As análises de conectividade para o PIM-DM e para o PIM-SM mostraram o correto funcionamento do IP multicast com o protocolo de roteamento OSPF. Verificando a compatibilidade do PIM com o protocolo OSPF.

Parte 3

Esta parte do experimento vai tratar a utilização do multicast em uma rede baseada em rotas estáticas. Todos os roteadores da rede foram configurados com rotas estáticas. Serão realizadas análises de conectividade multicast com uma rede totalmente PIM-DM e totalmente PIM-SM.

Análise

As análises de conectividade para o PIM-DM e para o PIM-SM mostraram o correto funcionamento do IP multicast com as rotas estáticas. Verificando a compatibilidade do PIM com as rotas estáticas.

Parte 4

Esta parte do experimento vai tratar a utilização do multicast em uma rede que utiliza os protocolos de roteamento RIP, OSPF e rota estática. O roteador R1 foi configurado com OSPF, o roteador R2 foi configurado com rota estática e o roteador R3 foi configurado com RIP. Serão realizadas análises de conectividade multicast com uma rede totalmente PIM-DM e totalmente PIM-SM.

Análise

As análises de conectividade para o PIM-DM e para o PIM-SM mostraram o correto funcionamento do IP multicast com os protocolos de roteamento RIP, o OSPF e rota estática. Verificando a compatibilidade do PIM com os protocolos de roteamento RIP, o OSPF e rota estática.

Parte 5

Esta parte do experimento vai tratar a utilização do multicast em uma rede que utiliza segmentos de rede com PIM-DM e segmentos com PIM-SM, a fim de verificar se existe alguma incompatibilidade. Nesta parte foram realizadas configurações constantes nas partes 1, 2, 3 e 4.

A rede entre os roteadores R1 e R2 foi configurada como PIM-DM, as demais redes como PIM-SM. Será realizada apenas a análise de conectividade multicast. A Figura 45 a seguir mostra a distribuição do protocolo PIM na rede de teste.

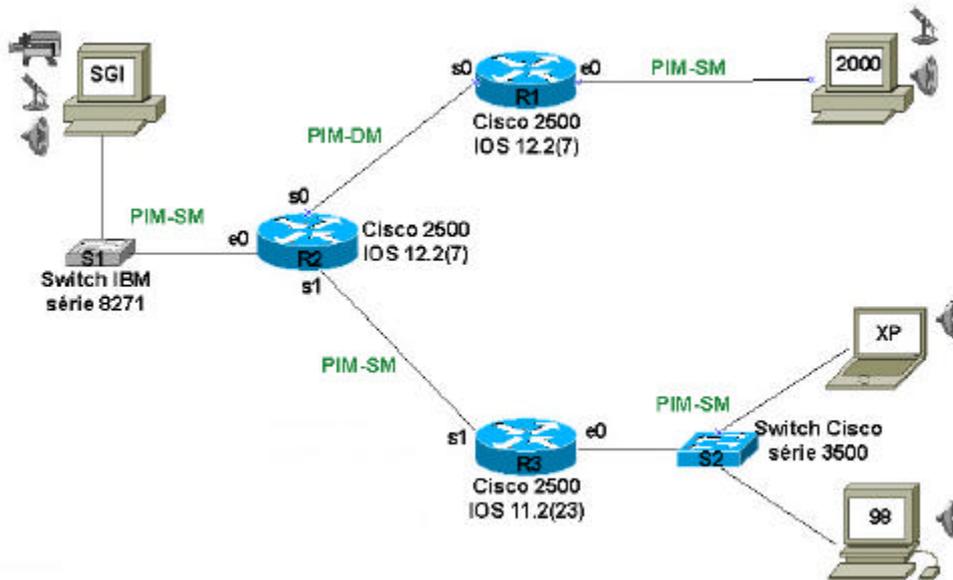


Figura 4: Mostra a distribuição do protocolo PIM na rede de teste para esta parte do experimento.

Análise

As análises de conectividade para todas as configurações com os protocolos PIM-DM e PIM-SM mostraram o correto funcionamento do IP multicast com os protocolos de roteamento RIP, o OSPF e rota estática. Verificando a compatibilidade do PIM com os protocolos de roteamento RIP, o OSPF e rota estática.

Análise do Experimento

Na análise do experimento foi verificado que em todas as configurações utilizadas, os protocolos PIM-DM e PIM-SM se mostraram independentes dos protocolos de roteamento utilizados, uma vez que para todos os protocolos utilizados o multicast continuou ativo, confirmando uma de suas principais características, a independência do protocolo de roteamento unicast. Também deve ser observado o comportamento do *switch* que teve o tráfego multicast replicado em todas as portas.

EXPERIMENTO ENTRE REDES PERTENCENTES A SAS DIFERENTES

Neste experimento foi testada, principalmente, a conectividade dos dispositivos envolvidos através de um protocolo de roteamento entre sistemas autônomos diferentes, o MBGP, o protocolo MSDP também foi utilizado, sendo este último para troca de informações entre os RPs, conforme foi descrito no capítulo sobre MSDP. Uma vez que foi testada e comprovada a independência do PIM em relação aos protocolos de roteamento unicast, a configuração das redes dentro dos SAs utilizou o protocolo de roteamento RIP e rotas estáticas.

Os procedimentos para a configuração dos dispositivos são os mesmos vistos no experimento anterior. Os equipamentos utilizados neste experimento foram:

- 2 Roteadores Cisco série 2500, IOS 12.2(7)
- 1 Roteador Cisco série 2500, IOS 11.2(23)
- 1 *Switch* Cisco série 3500
- 1 *Switch* IBM série 8271
- 1 Estação Silicon Graphics
- 1 Estação Windows 2000
- 1 Estação Windows 98
- 1 Estação Windows XP

A Figura 46 abaixo mostra a topologia e os recursos utilizados neste experimento.

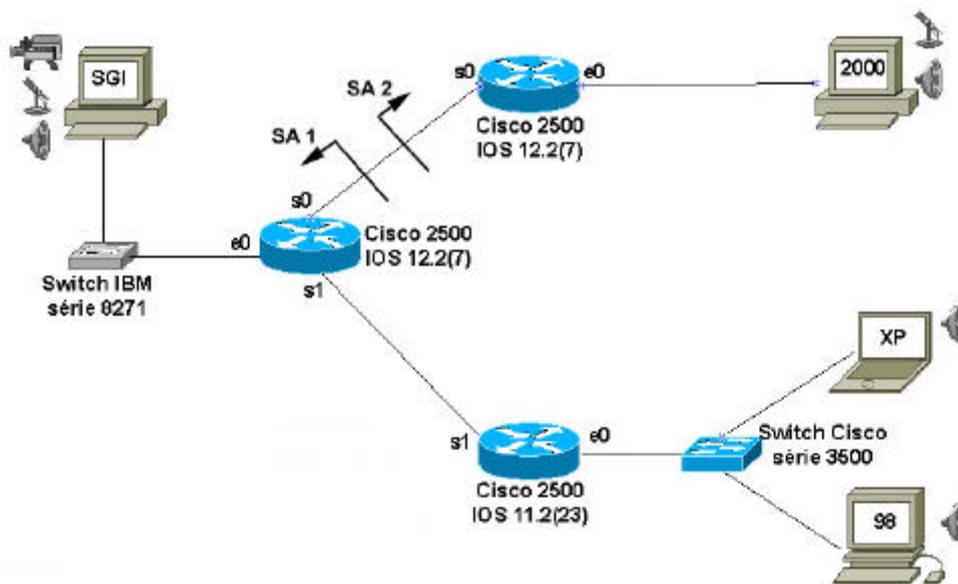


Figura 5: Mostra a topologia e os recursos utilizados neste experimento.

Análise do Experimento

Na análise de conectividade ficou caracterizada a conectividade entre os SAs, porém foi verificada a necessidade de utilização de filtros no MBGP e no MSDP, para a impedir a propagação de endereços reservados e de informação sobre a rede local dos SAs. É importante observar que o protocolo de roteamento multicast PIM-SM deve estar configurado na interface de conexão entre os SAs.

EXPERIMENTO ENTRE REDES BASEADAS NA TECNOLOGIA ATM

Este experimento vai tratar a utilização do multicast em uma rede com tecnologia ATM. Uma vez que a Rede Rio possui um núcleo ATM, a viabilidade do multicast no ATM precisava ser verificada. Todos os roteadores da rede foram configurados com o protocolo de roteamento RIP. Será realizada análise de conectividade multicast com uma rede totalmente PIM-SM.

Os procedimentos para a configuração dos dispositivos são os mesmos vistos no experimento anterior. Os equipamentos utilizados neste experimento foram:

- 2 Roteadores Cisco série 2500, IOS 12.2(7)
- 1 Roteador Cisco série 2500, IOS 11.2(23)
- 1 *Switch* Cisco série 3500

- 1 Switch IBM série 8271
- 2 CoreBuilder 3Com série CB7000
- 1 Estação Silicon Graphics
- 1 Estação Windows 2000
- 1 Estação Windows XP

A Figura 47 abaixo mostra a topologia e os recursos utilizados neste experimento.

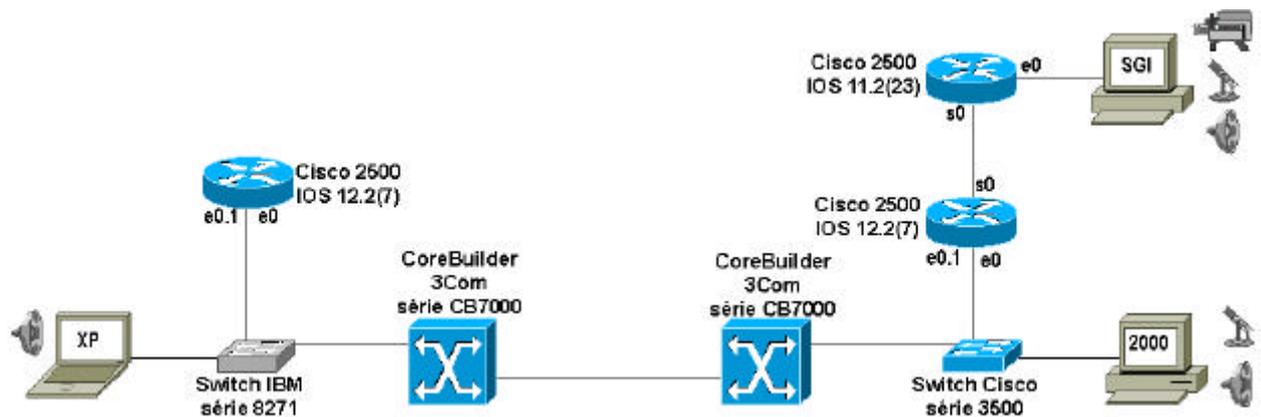


Figura 6: Mostra a topologia e os recursos utilizados neste experimento.

Parte 1

Esta parte do experimento vai tratar a utilização do multicast em uma rede baseada ATM PVC **Erro! A origem da referência não foi encontrada..** Todos os roteadores da rede foram configurados com o protocolo de roteamento RIP. Será realizada análise de conectividade multicast com uma rede totalmente PIM-SM.

Análise

A análise de conectividade mostrou que o multicast funciona bem sobre o ATM PVC, mas revelou que os *switchs* ATM também replicam todo o tráfego multicast em todas as suas portas.

Parte 2

Esta parte do experimento vai tratar a utilização do multicast em uma rede baseada ATM LANE **Erro! A origem da referência não foi encontrada..** Todos os roteadores da rede foram configurados com o protocolo de roteamento RIP. Será realizada análise de conectividade multicast com uma rede totalmente PIM-SM.

Análise

A análise de conectividade mostrou que o multicast funciona bem sobre o ATM LANE, mas revelou que os *switchs* ATM também replicam todo o tráfego multicast em todas as suas portas.

EXPERIMENTO NA REDE LOCAL DO CBPF

Neste experimento foi testada, principalmente, a viabilidade da transmissão de conteúdo multicast em uma rede local em pleno funcionamento, isto é, com o tráfego multicast concorrendo com todo o tráfego da rede.

A rede local do CBPF foi a escolhida devido à diversidade de dispositivos a ela conectados, tais como estações SUN, estações Windows, estações Linux, diversos *switchs* e *hubs*, e a nossa atuação direta na gerência da rede.

A configuração do roteador do CBPF seguiu os parâmetros fornecidos no primeiro experimento, porém devido a características de outros dispositivos da rede só será utilizado protocolo PIM-DM.

O teste foi realizado através da disponibilização de um vídeo pelo WMS que podia ser acessado pelo WMP ou por um navegador WEB.

A Figura 48 abaixo mostra a separação por sub-redes da rede local do CBPF.

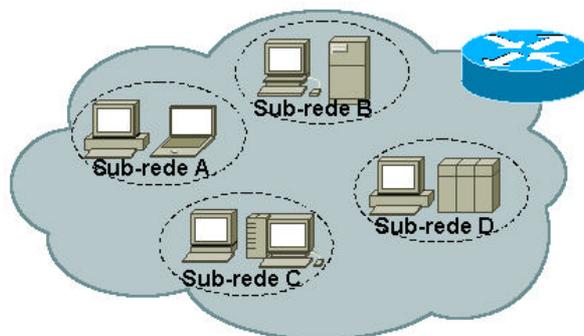


Figura 7: Mostra a separação por sub-redes da rede local do CBPF.

Análise do Experimento

A qualidade do vídeo foi constante dentro de cada sub-rede independente do número de receptores, o que caracteriza o tráfego constante, independente do número de receptores, do multicast.

O impacto na CPU e na memória do roteador foi mínimo e também foi independente do número de receptores.

A seguir a Figura 49 com o gráfico da utilização da CPU do roteador durante a realização deste experimento.

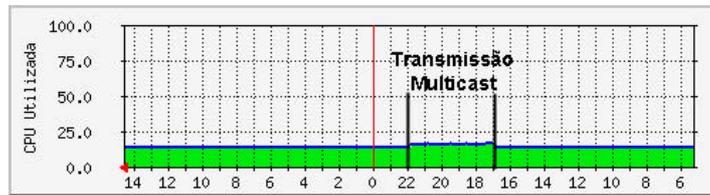


Figura 8: Gráfico com a utilização da CPU do roteador durante a realização do experimento com multicast.

A seguir a Figura 50 com o gráfico da utilização da memória RAM do roteador durante a realização deste experimento.

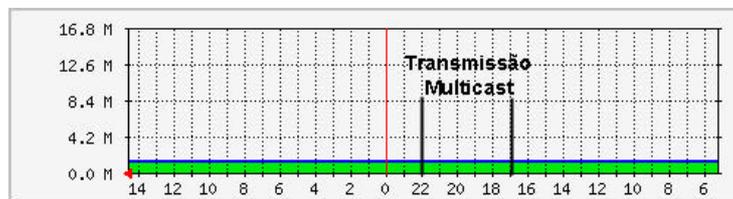


Figura 9: Gráfico com a utilização da memória RAM do roteador durante a realização deste experimento com multicast.

O impacto do tráfego multicast na rede como um todo, foi percebido por todos devido a utilização de *switchs*, no núcleo da rede. Onde devido aos *switchs* todo o tráfego multicast era replicado em todas as portas.

Caracterizando a viabilidade da implementação do IP multicast em uma rede local como a do CBPF e em redes de menor complexidade.

EXPERIMENTO CBPF E CNEN

Neste experimento foi testada, principalmente, a viabilidade da transmissão de conteúdo multicast entre redes pertencentes ao mesmo SA com as redes em pleno funcionamento, isto é, com o tráfego multicast concorrendo com todo o tráfego da rede.

Para a realização deste experimento foi necessário a configuração de alguns roteadores da Rede Rio de Computadores uma vez que o CNEN e o CBPF são interligados pela Rede Rio. A Figura 51 abaixo mostra a interligação entre o CBPF e o CNEN passando pela Rede Rio.



Figura 10: Mostra a interligação entre o CBPF e o CNEN passando pela Rede Rio.

A configuração dos roteadores do CBPF, do CNEN e da RR seguiram os parâmetros fornecidos no primeiro experimento, devido a características da rede local do CBPF o experimento foi realizado com o protocolo PIM-DM.

O teste foi realizado através da disponibilização de um vídeo pelo WMS que podia ser acessado pelo WMP ou por um navegador WEB.

Análise do Experimento

Esta análise chega as mesmas conclusões do experimento anterior. Caracterizando a viabilidade da implementação do IP multicast em uma rede metropolitana.