

Uma Solução para Gerenciamento de BGP em Pontos de Troca de Tráfego Internet

João Ceron^{1,3}, Leonardo Lemes², Lisandro Granville¹, Liane Tarouco¹, Leandro Bertholdo³

¹ Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brasil

² Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)
Av. Unisinos, 950 – 93.022-000 – Porto Alegre – RS – Brasil

³ Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (PoP-RS/RNP)
Av. Ramiro Barcelos, 2574 – 90.035-003 – Porto Alegre – RS – Brasil

Abstract. *The management of the Border Gateway Protocol (BGP) in the context of Internet eXchange Points (IXPs) lacks proper solutions. IXPs typically present a high volume of routing information being exchanged among the connected parties. The BGP4 MIB module, which exposes most of the relevant BGP4 management information, fails to provide information specifically important for the management of IXPs. This work aims at addressing the BGP4 MIB module limitations by adding to this module complementary management objects. With such additional objects it will be now possible to identify complex routing problems that were hard to be detected so far.*

Resumo. *A gerência do protocolo BGP no contexto de estruturas de pontos troca de tráfego (PTTs) é deficitária. Os PTTs caracterizam-se por concentrar um grande volume de informações de roteamento. No entanto o módulo de MIB BGP4, responsável pela gerência do protocolo, não apresenta e não disponibiliza um conjunto de informações gerenciáveis de forma otimizada para a gerência de um PTT. Este trabalho tem por objetivo atacar as limitações de gerenciamento apresentadas pelo módulo MIB BGP4 ao adicionar informações de gerenciamento complementares. Com as novas informações de gerenciamento é possível identificar problemas complexos de roteamento que eram até então difíceis de serem identificados.*

1. Introdução

Um ponto de troca de tráfego (PTT) da Internet é um ponto de interconexão onde diferentes sistemas autônomos (ASs) escoam tráfego de usuários e compartilham informações de roteamento. Cada novo PTT implantado, ao interconectar domínios administrativos diferentes, acaba de fato criando rotas alternativas anteriormente inexistentes [Akashi 2006]. Este fato, em última análise, interfere diretamente na conectividade da Internet como um todo.

A implantação de novos PTTs é normalmente incentivada pois se constitui numa alternativa concreta para desenvolver e melhorar a qualidade da Internet. Órgãos reguladores, como o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) [CGI 2008] têm apoiado explicitamente a criação de novos PTTs, como pode ser particularmente observado no projeto PTT-METRO [PTT-METRO 2008], cujo objetivo é viabilizar a

criação de PTTs para a interconexão direta entre ASs que compõem o braço brasileiro da Internet.

Por serem estruturas essenciais para a vazão do tráfego da Internet, o gerenciamento PTTs se torna uma atividade crucial. A propagação errônea de informações de roteamento em um PTT, por exemplo, afeta a Internet como um todo, como no recente caso do YouTube Hijacking [RIS 2008], onde uma propagação indevida de rotas deixou o serviço de vídeo do YouTube indisponível por mais de 2 horas.

Em relação ao roteamento, um PTT opera através da troca de informações do protocolo BGP (*Border Gateway Protocol*) [Rekhter 2006] entre os sistemas autônomos (ASs) que constituem o PTT. Na maioria das vezes, tal troca de informações não é realizada diretamente entre os roteadores dos ASs, mas sim intermediada por uma entidade centralizadora implementada por um roteador auxiliar ou por um servidor de rotas. Através da monitoração das informações de roteamento BGP no servidor de rotas é possível detectar possíveis anormalidades de tráfego Internet. A forma mais freqüente de monitoração do BGP em PTTs é através do acesso, via *Simple Network Management Protocol* (SNMP) [Harrington 2002], às informações do módulo de MIB (*Management Information Base*) BGP4 [Haas 2006] suportado no servidor de rotas. Apesar de, em geral, o conjunto de informações definidas nesse módulo de MIB ser bastante útil para gerenciamento BGP convencional, quando usado na administração específica de um PTT algumas lacunas importantes são evidenciadas [CISCO 2008] [Ceron 2008]. Tais lacunas afetam o desempenho e qualidade do próprio processo de gerenciamento de um PTT. Assim, neste artigo, estamos particularmente interessados em atacar três deficiências específicas do módulo de MIB BGP 4:

- Informações BGP não são organizadas por ASs de um PTT – Como não existe uma separação explícita, por AS, das informações de gerenciamento, freqüentemente anomalias deixam de ser detectadas. Via de regra as informações que permitiriam a identificação de anomalias se perdem no meio de todas as informações de gerenciamento disponíveis em um PTT;
- Dados relevantes de gerenciamento não são sumarizados na MIB BGP4 – Sumários de dados de gerenciamento ajudam a identificar anomalias sem a necessidade de processar informações irrelevantes. A MIB BGP4 carece de sumários importantes como, por exemplo, contadores que agrupem a quantidade de rotas recebidas por todos os ASs conectados no PTT;
- Ausência de suporte ao IP versão 6 (IPv6) – Com a popularização do IPv6 e respectivo suporte do mesmo nas versões mais recentes do BGP, é essencial monitorar PTTs capazes de escoar tráfego IPv6. A MIB BGP4, porém, não apresenta suporte a esse protocolo. Por exemplo, rotas IPv6 disponíveis nos PTTs atualmente não são passíveis de monitoramento.

Este artigo apresenta uma solução para monitoração do BGP em PTTs baseada numa complementação do módulo de MIB BGP4. Através da adição de novos objetos gerenciáveis foi possível implementar uma solução de gerenciamento de PTTs capaz de detectar anomalias no tráfego Internet que não eram facilmente observadas com as soluções de gerenciamento tradicionais, baseadas apenas na MIB BGP4. As informações

de gerenciamento complementares foram implementadas num agente SNMP codificadas num servidor de rotas quagga [Ishiguro 2008], que é amplamente utilizado nos PTTs do projeto PTT-METRO mencionado anteriormente. Um gerente BGP foi implementado utilizando a ferramenta MRTG [Oetiker 2008], esta responsável pela consulta periódica ao servidor de rotas utilizado, bem como por disponibilizar graficamente os dados obtidos como resultado. A solução foi validada através de seu emprego no gerenciamento do PTT-RS [PTT-RS 2008], sediado pelo Ponto de Presença da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) no Rio Grande do Sul, o que permitiu a observação concreta e prática do gerenciamento BGP em um ambiente real.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma. Na Seção 2 é apresentada uma síntese dos trabalhos relacionados. Na Seção 3 são apresentadas as informações de gerenciamento BGP complementares definidas para o gerenciamento de PTTs. Na Seção 4 a implementação e o cenário experimental, utilizados na avaliação da proposta, são descritos, bem como os testes realizados em tal ambiente. Por fim, as conclusões e trabalhos futuros são discutidos na Seção 5, onde o artigo é encerrado.

2. Trabalhos Relacionados

Esta seção está dividida em duas subseções: a primeira apresenta em linhas gerais o funcionamento das estruturas de troca de tráfego; já a segunda discute as informações de gerenciamento hoje disponíveis para BGP em PTTs.

2.1. Estrutura dos PTTs

Um PTT é uma infra-estrutura física que permite que diferentes redes (sistemas autônomos, *autonomous systems* - ASs) troquem tráfego Internet. Os ASs conectados a um PTT geralmente são provedores de serviços (*Internet Service Provider* - ISPs) com grande volume de tráfego de rede. A troca de tráfego é realizada através do intercâmbio de informações de roteamento, que por sua vez é realizada pelo protocolo BGP. O BGP possibilita que ASs propagem informações de alcançabilidade, que correspondem a possíveis caminhos e preferências para um determinado destino. Desta forma, é possível estabelecer políticas de roteamento onde dois ASs dão preferência para que o tráfego destinado a cada uma das suas respectivas redes possa ser trocado diretamente. Entretanto, não é usual que um AS esteja conectado a muitos outros de forma direta, já que isso implica em custos de conexão.

É característica de um PTT concentrar ASs interessados em trocar tráfego de forma direta entre si. Na figura 1 (à esquerda), por exemplo, é possível observar a vantagem do uso de um PTT. Para que a “Rede A” acesse a “Rede C” o tráfego obrigatoriamente fluirá pela estrutura da “Rede B”. A utilização da estrutura intermediária da “Rede B” implica num maior tempo de acesso e também em ônus financeiro para a “Rede A”, já que o trânsito pela “rede A” geralmente é tarifado.

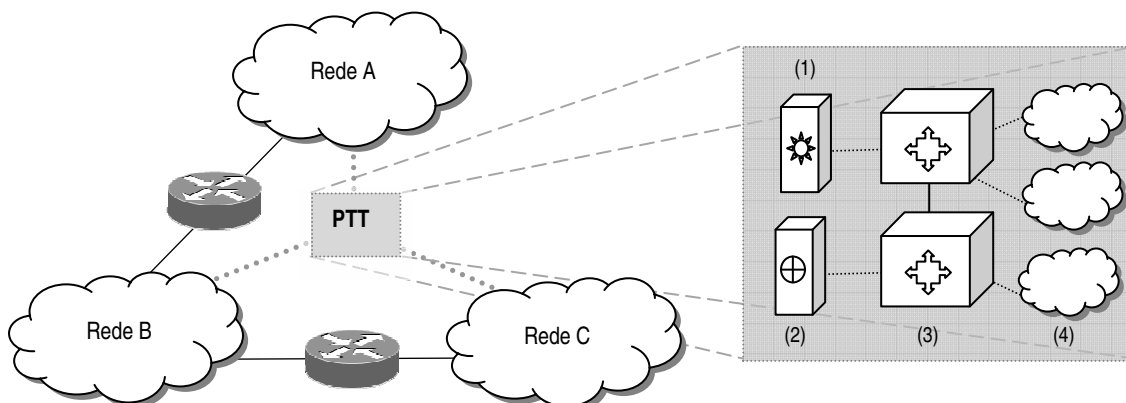


Figura 1: Interconexão entre redes distintas demonstrando as vantagens de um PTT onde o tráfego poderia fluir diretamente sem o uso de redes intermediárias. Em destaque, à direita, é apresentada a estrutura típica de um PTT.

Um PTT tipicamente é constituído por 4 elementos básicos, conforme pode ser observado na figura 1 à direita:

- **Servidores de rotas (1)** – são responsáveis por centralizar informações de roteamento de toda estrutura do PTT. O servidor de rotas se comunica com todos os ASs através do protocolo BGP, e assim é capaz por propagar qualquer alteração em relação à alcançabilidade dos ASs. A função de troca de informações de roteamento, realizada pelo servidor de rotas, pode ser implementada por um roteador especializado ou por um servidor que utilize um software de roteamento específico. Existem alguns softwares que realizam tal tarefa, tais como zebra [Kunihiro 2008], OpenBGPd [Brauer 2004] e quagga [Ishiguro 2008], este último amplamente utilizado nos PTTs do projeto PTT-METRO mencionado anteriormente.
- **Looking Glass (2)** – é uma ferramenta pública utilizada para solucionar problemas de roteamento. Por meio dessa, um gerente humano pode executar comandos e visualizar a tabela de roteamento completa, tudo isso sem ter acesso físico a estrutura, i.e., possuir um roteador conectado no PTT.
- **Pontos de Interconexão (PIXs) (3)** – tipicamente um ou mais comutadores (*switches*) cuja função é prover o meio físico de acesso para todos os ASs integrantes. Um PIX concentra fisicamente todos os ASs conectados e também possibilita com que o tráfego de rede flua entre as diferentes redes.
- **Sistemas autônomos (ASs) (4)** – um AS é definido como um conjunto de redes e roteadores sob um mesmo domínio administrativo. O AS de um provedor de Internet, por exemplo, irá representar todas as redes de seus clientes para os quais o mesmo é meio de acesso. Nos PTTs toda troca de tráfego é realizada observando as redes dos diferentes ASs.

Na maioria dos casos a estrutura dos PTTs apresenta um alto grau de complexidade já que muitos AS são interligados na estrutura. Cada elemento possui uma função bem

definida e o funcionamento incorreto de qualquer um desses elementos pode inviabilizar o funcionamento de todo PTT.

2.3. Módulos de MIB para BGP

Servidores de rotas implementados como roteadores de mercado geralmente apresentam algum suporte de gerenciamento. Porém, observa-se uma grande disparidade em tal suporte quando se comparam roteadores de fornecedores diferentes [Hares 2006]. Por exemplo, roteadores Cisco implementar um módulo de MIB BGP4 diferente daquele padronizado pelo IETF, *i.e.*, a Cisco define um módulo de MIB proprietário. De fato, a MIB BGP4 da Cisco introduz novas características e aperfeiçoamentos à MIB BGP4 [Cisco-Systems 2008] definida pelo IETF. Dentre as principais contribuições da MIB da Cisco está o armazenamento de informações por AS e sumarização de rotas. No entanto, a MIB da Cisco não suporta o gerenciamento de informações do protocolo IPv6. Além disto, essa MIB está disponível obviamente apenas para dispositivos da própria Cisco, o que é limitante.

Os servidores de rotas implementados em softwares também são passíveis de gerenciamento, mas também sofrem as mesmas limitações das soluções baseadas em roteadores que implementam a MIB BGP4. Para suprir a falta de dados alguns esforços também foram propostos. No trabalho *quagga-snmp* [Quagga-snmp 2008] o autor busca inserir um conjunto de informações de gerenciamento através do uso do *SNMP Multiplexing Protocol (SMUX)* [Rose 2001]. O SMUX permite associar programas de usuários a um agente SNMP. Isto significa que objetos da MIB previamente configurados possam adquirir resultados de programas externos. A desvantagem desta solução é que as informações definidas não são inseridas em uma MIB e sim somente associadas a objetos, o que envolve uma configuração no agente de coleta SNMP. Além disso, as informações associadas por esse trabalho não dizem respeito ao protocolo IPv6 e sumarização, mas somente informações referentes a cada participante AS.

Recentemente uma nova proposta de padronização [Haas 2008] está sendo desenvolvida no IETF, e publicada como documentos *draft*. Tal esforço aborda deficiências da MIB BGP4 também através da adição de novas informações de gerenciamento que possibilitam que novos módulos sejam adicionados sem que a base da MIB BGP4 seja modificada. Isto é desejável já que novas funcionalidades para o BGP são constantemente debatidas. Em particular o *draft* aborda os seguintes pontos: (a) adiciona a habilidade de monitorar informações BGP IPv6; (b) adiciona contadores operacionais, como por exemplo, o número de rotas recebidas por um único sistema autônomo; e (c) organiza a formatação para a saída de alguns objetos.

De fato, existem melhorias para o módulo de MIB BGP4, mas que não solucionam efetivamente as deficiências mencionadas na seção 1 deste trabalho.

3. Informações de Gerenciamento BGP para PTTs

A solução de gerenciamento proposta por este trabalho caracteriza-se por adicionar informações complementares ao módulo da MIB BGP4. Por uma questão de organização, os novos objetos foram agrupados em duas categorias: uma que representa somente dados relativos a cada AS em específico (representada na figura 2, à esquerda), e outra com dados relativos a todo o PTT (figura 2, à direita).

No grupo correspondente a informações de cada AS foram definidos um total de 17 objetos internos à tabela *bgp4AsTableAS*. O objeto *bgp4AsTableIpAddress* fornece o endereço IP de onde as informações de roteamento foram recebidas; o objeto *bgp4AsTablePeerState* apresenta o status operacional da conexão BGP; o *bgp4AsTableLastError* disponibiliza o último erro apresentado pelo protocolo BGP com relação a conexão do AS; o *bgp4AsTableTotalRoutesv4* apresenta o número total de rotas IPv4 recebidas e armazenadas na tabela de roteamento do AS; o *bgp4AsTableTotalRoutesv6* apresenta o número de rotas IPv6 recebidas e armazenadas na tabela de roteamento do AS; o *bgp4AsTableTotalRoutes* representa o número de rotas IPv4 e IPv6 recebidas e armazenadas na tabela de roteamento do AS; o *bgp4AsTableTotalRoutesUni* disponibiliza o número total de rotas *Unicast* do AS; o *bgp4AsTableTotalRoutesMul* o número total de rotas *Multicast* do AS. Os objetos *bgp4AsTablePrefixLen15*, *bgp4AsTablePrefixLen19*, *bgp4AsTablePrefixLen24* e *bgp4AsTablePrefixLen32* apresentam respectivamente o número total de rotas recebidas pelo AS em questão tendo máscara de rede entre 0 a 15, 16 a 19, 20 a 24 e 25 a 32, segundo notação CIDR [Fuller 2006]. O objeto *bgp4AsTableTotalRecvRoutesv4* fornece o número total de rotas IPv4 recebidas pelo AS; já o objeto *bgp4AsTableTotalRecvRoutesv6* disponibiliza o número total de rotas IPv6, enquanto o objeto *bgp4AsTableTotalRecvRoutes* representa o número total de rotas IPv4 e IPv6 recebidas. Por fim, o objeto *bgp4AsTableBestRoutes* que disponibiliza o número total de rotas selecionadas como melhor caminho segundo o processo de roteamento.

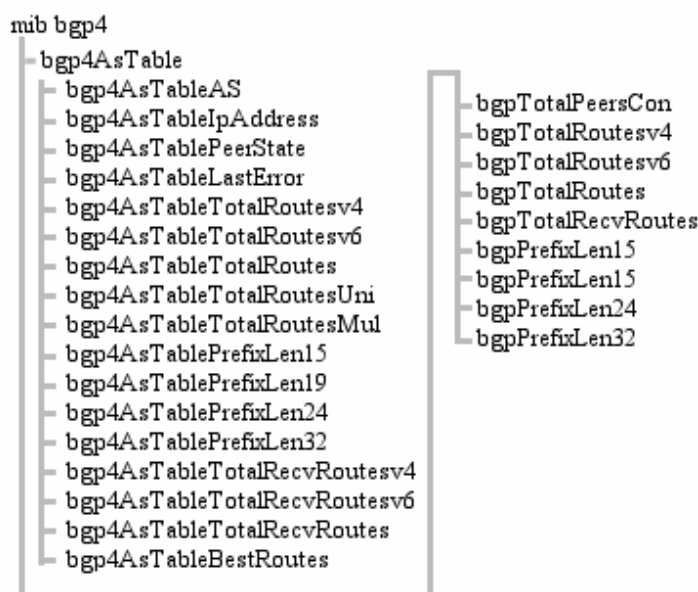


Figura 2: Conjunto de informações complementares definidas por este trabalho e agregadas ao módulo de MIB BGP4.

O segundo grupo de informações gerenciáveis descreve informações relativas a toda estrutura do PTT, em sua maioria, uma sumarização de todos os dados obtidos pelos diferentes ASs. O objeto *bgpTotalPeersCon* disponibiliza o número *total* AS conectados com sucesso na estrutura do PTT; o *bgpTotalRoutesv4* representa o número *total* de rotas IPv4 recebidas e armazenadas na tabela de roteamento do servidor de

rotas; o objeto *bgpTotalRoutesv6* fornece o número *total* de rotas IPv6 recebidas e armazenadas na tabela de roteamento do servidor de rotas; o *bgpTotalRoutes* disponibiliza o número *total* de rotas IPv4 e IPv6 recebidas e armazenadas na tabela de roteamento do servidor de rotas; o *bgpTotalRecvRoutesv4* representa o número *total* de rotas IPv4 recebidas pelo servidor de rotas, porém não armazenadas na tabela de rotas; o *bgpTotalRecvRoutesv6* fornece o número *total* de rotas IPv6 recebidas pelo servidor de rotas; o *bgpTotalRecvRoutes* fornece o número *total* de rotas IPv4 e IPv6 recebidas pelo servidor de rotas. Já os objetos *bgpPrefixLen15*, *bgpPrefixLen19*, *bgpPrefixLen24* e *bgpPrefixLen32* respectivamente apresentam o número *total* de rotas recebidas tendo máscara de rede entre 0 a 15, 16 a 19, 20 a 24 e 25 a 32, segundo notação CIDR.

Os objetos discriminados acima provêm importantes sumários para a identificação de anomalias de tráfego na rede. Do contrário o gerente SNMP deveria buscar informações no agente e realizar uma síntese localmente, aumentando consideravelmente o volume de dados gerenciáveis trafegados na rede e também a sobrecarga de processamento na estação de gerenciamento. Complementarmente, as informações apresentadas acima auxiliaram na detecção de exceções de funcionamento de um PTT, conforme será abordado nas próximas seções.

4. Implementação e Análise dos Resultados

O projeto PTT-METRO, já anteriormente comentado na seção 1, dissemina a implantação de estruturas de pontos de troca de tráfego pelo Brasil em locais considerados estratégicos para a melhora da qualidade de tráfego. Atualmente o PTT-METRO é composto por 8 pontos dispersos no território nacional, sendo um deles o PTT-RS localizado no estado do Rio Grande do Sul. O PTT-RS serviu de base para avaliação deste trabalho em um ambiente em produção.

Assim como os demais PTTs, o PTT-RS possui uma arquitetura semelhante à apresentada na figura 1 à direita e descrita na seção 2.1. Na implementação deste trabalho o servidor de rotas mereceu uma atenção especial, já que o mesmo concentra todas as informações de roteamento BGP da estrutura do PTT. O gerenciamento de tal estrutura é provido pelo software de roteamento quagga que disponibiliza um agente SNMP com suporte a MIB BGP4. Por ser implementado sob a licença GPL, foi possível utilizar o agente implementado pelo quagga como base para o desenvolvimento deste trabalho. Portanto uma nova versão do agente SNMP do quagga foi implementado agregando um conjunto de novas funcionalidades úteis no contexto da gerência de PTTs. O agente SNMP foi facilmente estendido utilizando a API de programação NET-SNMP [Net-SNMP 2008].

O novo agente munido das informações gerenciáveis complementares foi instalado no servidor de rotas, sendo responsável por obter as características do protocolo BGP. Também foi adicionada a estrutura um gerente BGP o qual foi implementado por meio da ferramenta MRTG. Desta forma, o gerente BGP era responsável por consultar, via SNMP, o servidor de rotas e disponibilizar graficamente os resultados obtidos. A estrutura do PTT-RS foi monitorada por um período superior a 10 meses. Logo, todos os dados aqui apresentados são procedentes da monitoração real e concreta de um ponto de troca de tráfego, não se tratando de dados oriundos de simulação. Durante o período de monitoração foi possível observar situações onde o

gerenciamento do protocolo BGP auxiliou na depuração de problemas ou na detecção de anomalias de tráfego. As situações que serão apresentadas a seguir evidenciam exceções de tráfego onde, do contrário, utilizando apenas a monitoração baseada na MIB BGP seriam difíceis de serem observadas.

No primeiro cenário, apresentado na figura 3, observaram-se informações referentes a um único AS. Essas informações representam alguns dos dados de gerenciamento complementares inseridos por este trabalho, sendo eles: número total de rotas recebidas; número total de rotas armazenadas na tabela de roteamento; número total de rotas *best*, ou seja, selecionadas como melhor caminho; e tamanho dos anúncios (classificados em quatro categorias). Note que os dados exibidos no gráfico são apresentados segundo o valor absoluto do objeto monitorado (eixo y) em função do tempo em que a monitoração foi observada (eixo x). Com base a essas informações, é possível obter dados relevantes para o gerenciamento de um PTT, por exemplo: é possível notar que o AS monitorado recebeu em média 651 rotas - coluna *ave* (*average*) -, no entanto apenas 364 foram aprendidas, ou seja, assimiladas a tabela de roteamento. Isto significa que nem todas as rotas recebidas são inseridas na tabela de rota do AS, o que geralmente é causado pela existência de um filtro de roteamento o qual restringe algumas rotas segundo a política de roteamento de cada AS.

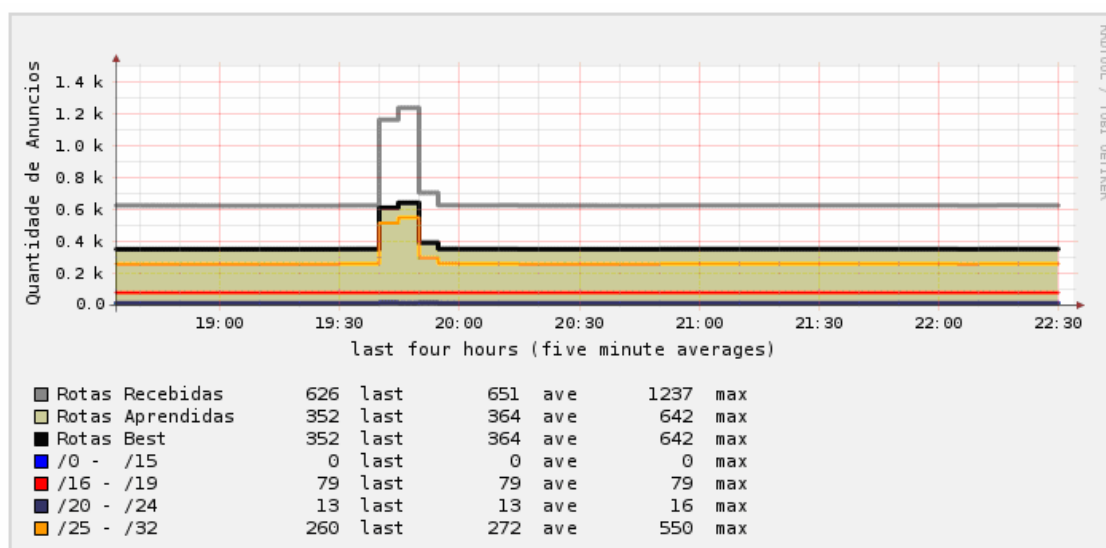


Figura 3: Informações gerenciáveis do protocolo BGP referentes a característica de um AS em específico.

As informações representadas na figura 3 permitem, ainda, ao gerente constatar eventuais alterações no número de rotas *best* – melhor caminho para um determinado destino – sinalizando uma instabilidade indesejável no sistema. Por fim, pode ser constatado o tamanho dos anúncios (máscara de rede segundo notação CIDR) sendo observado que a grande maioria está na categoria de /24 e /32, representando anúncios com baixas representatividades.

No cenário apresentado na figura 4 é possível analisar o comportamento do objeto que representa o número total de roteadores conectados em toda a estrutura do

PTT. Esta informação é importante pois possibilita verificar se houve alguma desconexão ou problema de alcançabilidade com relação a um AS. A linha estável da figura 3 sinaliza que os ASs conectados no PTT não sofreram desconexão por um longo período de tempo. Do contrário, poderíamos concluir que um dos ASs sofreu uma indisponibilidade momentânea que poderia ter sido causada, por exemplo, por um ataque.

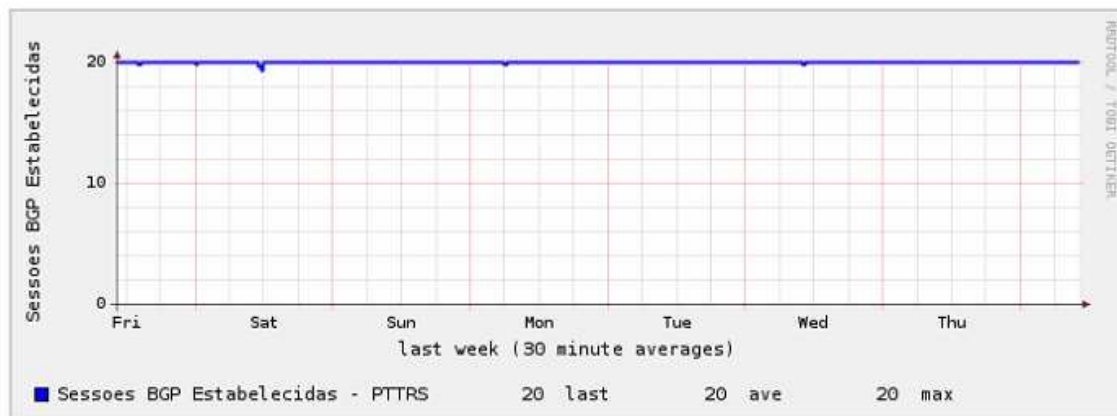


Figura 4. Número de sessões BGP estabelecidas em todo o PTT.

No terceiro cenário, ilustrado na figura 5, nota-se a monitoração de um objeto que representa a quantidade total de rotas do protocolo IP versão 6 propagadas em todo PTT. Essas informações são essenciais, sobretudo com a tendência de migração das rotas IPv4 para o protocolo IPv6 devido a exaustão do espaço de endereçamento do IPv4. Deseja-se mapear um constante aumento do número de rotas IPv6 e verificar possíveis falhas de configuração oriundas da migração entre as versões os protocolos.

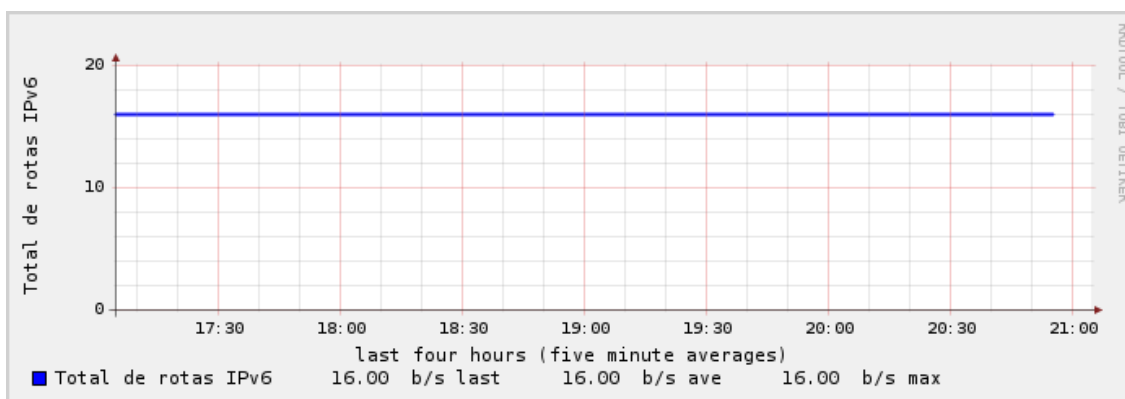


Figura 5: Número total de rotas do protocolo IPv6 propagadas no PTT.

Sem a monitoração de aspectos do protocolo IPv6, como o número total de rotas, não seria possível identificar falhas de configuração ou anomalias de roteamento. Isso ocorre, pois cada protocolo (IPv4 e IPv6) possui uma própria tabela de roteamento independente. Sem o gerenciamento efetivo de ambas as tabelas algumas exceções não são perceptíveis.

Os cenários apresentados acima são apenas alguns exemplos detectados na monitoração do PTT-RS onde, com a utilização da solução proposta por este trabalho, foi possível observar e identificar anomalias de tráfego até então difíceis de serem endereçadas pelas soluções existentes.

5. Considerações Finais e Trabalho Futuros

As limitações de gerenciamento do protocolo BGP em estruturas de pontos de troca de tráfego foram abordadas neste trabalho. A tradicional forma de monitoração do BGP utilizando o módulo de MIB BGP4 tem se demonstrado bastante funcional, no entanto quando aplicada ao gerenciamento específico de um PTT algumas lacunas são evidenciadas. Este trabalho buscou atacar três deficiências específicas do módulo de MIB BGP 4, a saber: falta de informações agrupadas por sistema autônomo, falta de dados sumarizados e falta de informações de roteamento relativas ao protocolo IPv6.

Analisando a bibliografia constatou-se a não existência de uma solução que supra as limitações acima elencadas de forma satisfatória e aplicável ao contexto do projeto. Logo, optou-se por acrescentar informações de gerenciamento complementares ao módulo de MIB BGP4. As novas informações foram implementadas num agente SNMP e codificadas num servidor de rotas quagga. A solução foi validada através de seu emprego no gerenciamento do PTT-RS, pertencente ao projeto PTT-METRO, o que permitiu observar cenários onde as informações complementares auxiliaram na diagnóstico de anomalias de redes.

Uma das limitações deste trabalho está no fato de necessitar a reinstalação do software de roteamento quagga, já que uma nova versão do agente foi gerada por este trabalho. No entanto estuda-se em encaminhar a nova implementação do agente para os mantenedores do projeto quagga, para que futuramente, os novos recursos sejam automaticamente inseridos na distribuição oficial do software. Os autores deste trabalho também desejam, futuramente, construir uma plataforma de gerenciamento especializada na monitoração de estruturas de troca de tráfego.

Bibliografia

- Akashi, O., Fukuda, K., Hirotsu, T., and Sugawara, T. (2006). Policy-based BGP Control Architecture for Autonomous Routing Management. In INM '06: Proceedings of the 2006 SIGCOMM Workshop on Internet Network Management, pages 77–82, New York, NY, USA. ACM Press.
- CGI (2008). Comitê Gestor da Internet no Brasil. Disponível em: <<http://www.cgi.br>>. Acesso em: dezembro de 2008.
- PTT-METRO (2008). Pontos de troca de tráfego metropolitanos. Disponível em: <<http://www.ptt.br>>. Acesso em: dezembro 2008.
- RIS, R. N. (2008). Youtube hijacking: A RIPE NCC RIS case study. Disponível em: <<http://http://www.ripe.net/news/study-youtube-hijacking.html>>. Acesso em: dezembro 2008.
- Rekhter Y., Ed., Li, T., Ed., S. Hares, Ed. (2006). A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4). RFC 4271

- Harrington D., Presuhn R., Wijnen B. (2002). An Architecture for Describing Simple Network Management Protocol (SNMP) Management Frameworks. RFC 3411.
- Haas, J., Ed., Hares S., Ed. (2006). Definitions of Managed Objects for BGP-4. RFC 4273.
- Cisco-Systems (2008). BGP MIB Support Enhancements. Disponível em: <<http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios120/120newft/120limit/120s/120s21/sbgprnib.htm>>. Acesso em: dezembro de 2008.
- Ceron J., Bertholdo L., Fagundes L., Tarouco L. (2008). MIB IXP - A Specialized SNMP MIB for IXPs Implemented in the Software Quagga. Regional Interconnection Forum NAPLA – LACNIC.
- Ishiguro, K. (2008). Quagga routing software suite. Disponível em: <http://www.quagga.net>>. Acesso em: dezembro 2008.
- Oetiker, T. (2007). The multi router traffic grapher. Disponível em: <<http://oss.oetiker.ch/mrtg>>. Acesso em: dezembro 2008.
- PTT-RS (2008). Ponto de troca de tráfego do rio grande do sul. Disponível em: <<http://www.rs.ptt.br>>. Acesso em: dezembro 2008.
- Kunihiro I. (2008). GNU Zebra Routing Software. Disponível em: <<http://http://www.zebra.org/>>. Acesso em: dezembro 2008.
- Brauer H. (2004). A Secure BGP Implementation. In EuroBSDCon 2004: Conference Report. Karlsruhe, Germany.
- Hares, S. and Hares, D. (2006). BGP-4 MIB Implementation Survey. RFC 4275 (Informational).
- Quagga-snmp (2008). Net-SNMP Extension for Monitoring Quagga BGPd. Disponível em: <<http://www.net-track.ch/opensource/quagga-snmp>>. Acesso em: dezembro 2008.
- Rose, M.T., J. (1991). SNMP MUX Protocol and MIB. RFC 1227.
- Haas J. (2008). Definitions of Managed Objects for the Fourth Version of Border Gateway Protocol (BGP-4), Second Version. IETF Internet-Draft. Disponível em: <<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-idr-bgp4-mibv2-08.txt>>. Acesso em: dezembro 2008.
- Fuller, V., Lo, T. (2006). Classless Inter-domain Routing (CIDR): The Internet Address Assignment and Aggregation Plan. RFC 4632.
- Net-SNMP. (2008). Simple Network Management Protocol (SNMP). Disponível em: <<http://www.net-snmp.org>>. Acesso em: dezembro 2008.