

Antonio Galvão de Rezende Filho

Ponto de Troca de Tráfego na Internet

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada em Engenharia, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para conclusão do curso MBA em Tecnologia da Informação.

SÃO PAULO
2010

Antonio Galvão de Rezende Filho

Ponto de Troca de Tráfego na Internet

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada em Engenharia, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para conclusão do curso MBA em Tecnologia da Informação.

Orientador: Professor Stephan Kovach

SÃO PAULO
2010

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem ele nada aqui seria possível.

A minha esposa e minhas filhas pelo incentivo, paciência e apoio.

Ao Prof. Dr. Stephan Kovach pela sua atenção e diretrizes precisas e indispensáveis para elaboração do trabalho.

Ao Nic.BR, cujo excelente programa de desenvolvimento profissional, me possibilitou concluir mais este passo importante de especialização acadêmica.

RESUMO

Os Pontos de Troca de Tráfego (PTT) têm por finalidade estabelecer interconexão direta entre Sistemas Autônomos (ASs – *Autonomous System*). Como exemplos de ASs têm-se os provedores de acesso à Internet, a Universidade de São Paulo, a grandes corporações, etc.. Uma das principais vantagens deste modelo é a melhoria na qualidade do serviço e a racionalização dos custos, uma vez que a conexão é realizada direta e localmente, em um ponto único, não envolvendo redes de terceiros o que otimiza ainda mais a troca de tráfego entre eles. O objetivo deste trabalho é apresentar as vantagens de um PTT com relação às demais alternativas, as tecnologias mais comuns utilizadas e os problemas típicos envolvidos na sua gestão.

Palavras-chave: PTT. Ponto de troca de tráfego. AS. BGP.

ABSTRACT

The Internet Exchange Point (IXP) have the purpose of establishing direct interconnection between Autonomous System (ASs). As examples of ASs, it has the Internet Service Providers, the University of São Paulo, and the great corporations, etc.. One of the main advantages of this model is the improvement in the quality of the service and the rationalization of the costs, once the connection is performed directly and locally, in an single point, not involving third part networks what optimizes the exchange of traffic between them even more. The goal of this work is to present the advantages of a IXP with regard to other alternatives, the most common technologies used and the typical problems involved in its management.

Keywords: IXP. Internet exchange point. AS. BGP.PTT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hierarquia da Internet[2].	4
Figura 2 - Geração do AS Path[4].	7
Figura 3 - Acordo <i>Peering</i> – <i>Partial Rounting</i>	8
Figura 4 - Acordo Trânsito – <i>Full Rounting</i>	9
Figura 5 - Estrutura Distribuída[11].	11
Figura 6 - Estrutura Centralizada[11].	12
Figura 7 - Hierarquia da Internet com PTT[2].	13
Figura 8 - Relação Participante x Tipos de Acordos.	14
Figura 9 - <i>Router Server</i> [11].	15
Figura 10 - Acesso site Google fora PTT.	17
Figura 11 - Acesso site Google via PTT.	18
Figura 12 - Acordo público controlado.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição ASN - América Latina e Caribe[6].	6
Tabela 2 - Quadros ethernet válidos em um PTT[13].	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AS	<i>Autonomous System</i>
ASN	<i>Autonomous System Number</i>
BGP	<i>Border Gateway Protocol</i>
ISP	<i>Internet Service Provider</i>
IXP	<i>Internet Exchange Point</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
PTT	Ponto de Troca de Tráfego
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Justificativa.....	2
1.2	Objetivo.....	2
1.3	Organização do trabalho.....	2
2	REVISÃO TEÓRICA.....	4
2.1	Sistema Autônomo.....	5
2.2	BGP.....	7
2.3	<i>Peering</i> e Trânsito.....	8
3	PTT – PONTO DE TROCA DE TRÁFEGO.....	10
3.1	Acordos em um PTT.....	13
3.1.1	Servidor de Rotas (<i>Router Server</i>).....	15
3.2	Vantagens de se conectar a um PTT.....	16
3.2.1	Redução de Custos.....	16
3.2.2	Redução da Latência.....	17
3.2.3	Melhoria da Capacidade.....	18
4	CASOS TÍPICOS ENVOLVIDOS NA GESTÃO DE UM PTT.....	19
4.1	Dimensionamento <i>Link</i> de Transporte.....	19
4.2	Otimização do Domínio de <i>Broadcast</i>	20
4.3	Validação de Quadros <i>Ethernet</i>	21
4.4	Monitoramento de Tráfego.....	22
4.5	Utilização de Servidor de Rotas (<i>Router Server</i>).....	23
4.5.1	Filtros de Redes Inválidas.....	24
4.5.2	Estabelecimento de <i>Peering</i> Públicos Controlados.....	25
5	CONCLUSÃO.....	27
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

A Internet é constituída por dezenas de milhares de Sistemas Autônomos (ASs – *Autonomous System*) interconectados, formando uma grande rede. Como exemplo de Sistemas Autônomos podemos citar os provedores de serviços de Internet (ISPs – *Internet Service Providers*)

Os ISPs estão cientes de que a satisfação de seus clientes é resultado da melhoria na qualidade dos serviços prestados e preços cada vez mais competitivos. Os provedores de serviços de Internet que mais sentem essa competitividade são as pequenas empresas, que cada vez mais sofrem pressão para a redução de seus custos para se tornarem competitivas junto aos grandes provedores.

Os provedores procuram reduzir seus custos de interconexão com os outros provedores e ao seu fornecedor de trânsito. Para resolver esta questão de racionalização de custos, foram criados nos últimos anos os chamados Pontos de Troca de Tráfego (PTT). Os Pontos de Troca de Tráfego permitem que os provedores se interconectem diretamente, sem depender da rede de terceiros, gerando assim, uma democratização do tráfego, onde pequenos provedores se conectam com outros pequenos e com grandes provedores também, o que não seria possível fora de um PTT.

Atualmente os três maiores PTTs estão localizados no continente Europeu. São eles: AMS-IX (Amsterdã – Holanda), DE-CIX (Frankfurt – Alemanha) e LINX (Londres – Inglaterra), juntos eles tem um volume de tráfego de 2.3 Tbit/s, o que representa 1000 vezes o tráfego trocado na Rede Nacional de Pesquisa (RNP) entre SP e RJ[1].

No Brasil os primeiros PTTs surgiram a 10 anos. Atualmente são 14 no total, espalhados por todas as regiões do país. O maior deles, o PTTMetro-SP, localizado na cidade de São Paulo, tem hoje um volume médio de tráfego por volta de 10 Gbit/s e possui um total de 92 ASNs participantes[1].

1.1 Justificativa

Como PTT é um modelo de negócio relativamente novo, que surgiu justamente com a grande expansão da Internet, não existe vasta documentação explanando e exemplificando o seu funcionamento, nem as suas vantagens com relação à interconexão tradicional, que é feita somente pelo lado comercial, não levando em consideração a melhoria de acesso para o usuário da Internet.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar as vantagens de um PTT com relação às demais alternativas, as tecnologias mais comuns utilizadas e os problemas típicos envolvidos na sua gestão.

1.3 Organização do trabalho

O estudo apresentado neste trabalho está organizado conforme descrito a seguir.

No Capítulo 1 (Introdução) estão apresentados a definição do problema abordado e os objetivos e limitações do estudo, juntamente com a estrutura do trabalho apresentado nesta seção, como forma de contextualizar os demais capítulos à proposta do trabalho.

No Capítulo 2 (Revisão Teórica), estão conceituados os temas utilizados na monografia a partir da literatura nacional e internacional, dois principais temas se destacam: Sistemas Autônomos e Protocolo BGP.

No Capítulo 3 (PTT), define-se o que é um PTT, suas características e vantagens para um ISP se aderir a um PTT.

No Capítulo 4 (Casos Típicos Envolvidos na Gestão de um PTT) são citados os casos típicos da gestão de um PTT.

No Capítulo 5 (Conclusão) têm-se a conclusão do trabalho.

2. REVISÃO TEÓRICA

A Internet é estruturada hierarquicamente por provedores de serviços, que são chamados de Provedores “*tier-1*” e que fornecem conectividade global, ou seja, interligam os grandes *backbones*. Abaixo dos “*tier-1*” têm-se os “*tier-2*” e “*tier-3*” que são os provedores intermediários, geralmente de abrangência nacional, que fornecem trânsito para os provedores locais, que são os chamados “*local-isp*”. Essa hierarquia é exemplificada na figura 1 [2].

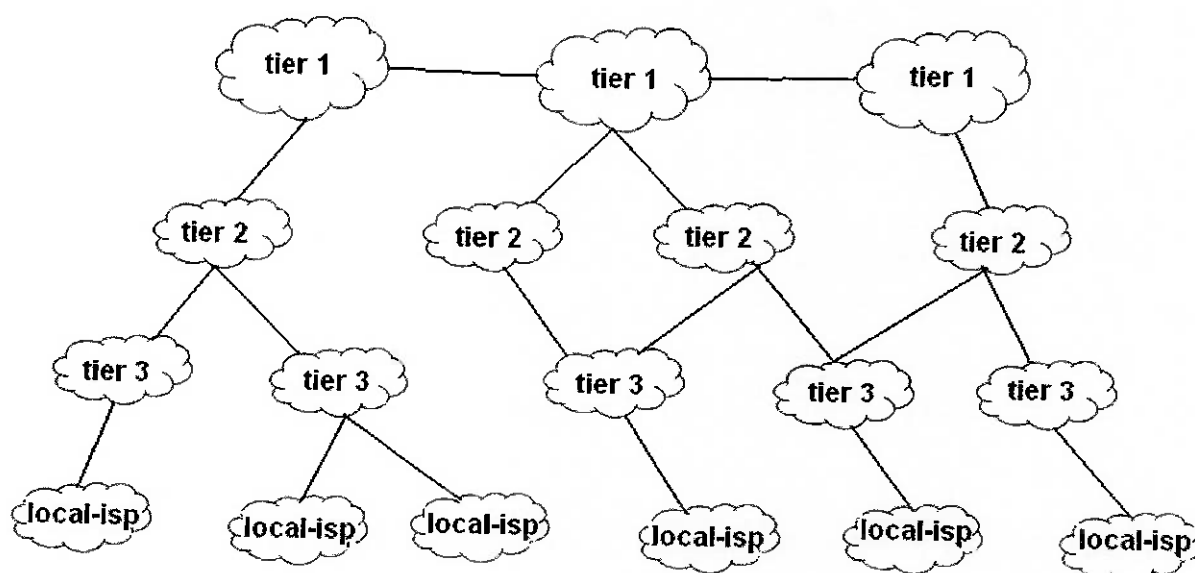


Figura 1: Hierarquia da Internet. Adaptada de [2]

Provedores de mesmo nível hierárquico geralmente se interconectam entre si para realizar troca de tráfego localmente. Estas trocas são mútuas, não tendo valores comerciais envolvidos. Quando a troca de tráfego ocorrer entre provedores de níveis diferentes de hierarquia, existe um acordo comercial envolvendo valores, isto é, existe uma relação cliente-fornecedor.

Para reduzir os custos de interconexão entre provedores, foram criados, nos últimos anos, os pontos de troca de tráfego (PTT), que permitem a interconexão direta entre os provedores.

Basta um provedor se conectar a um PTT e iniciar a troca de tráfego, com a realização de acordos com os demais participantes que também desejam realizar esta troca. Entretanto, em um PTT também podem existir acordos comerciais [3].

Conforme descrito no parágrafo anterior e ilustrado na figura 1, a interconexão entre provedores de níveis hierárquicos diferentes geralmente é de alto custo, pois existe o custo do link de transporte e banda IP utilizada. E estes custos são repassados pelos provedores de serviços para seus clientes de acesso.

2.1. Sistema Autônomo

Um Sistema Autônomo (AS) é um grupo de redes IP, abaixo de uma única gerência técnica e que compartilham uma mesma política de roteamento, e operado de forma independente de outro Sistema Autônomo [4].

Todos os ASs são identificados de forma exclusiva com um Número de Sistema Autônomo (ASN). Este número é formado por 16 bits, que possibilitam a formação de 65.536 valores únicos [4], [5].

Os ASs são distribuídos e alocados pela *Internet Assigned Numbers Authority* (IANA), que, por sua vez delega essa responsabilidade para os serviços de registros regionais (RIR). São eles:

- ARIN - *American Registry for Internet Numbers* para América do Norte.
- RIPE - *Network Coordination Centre* para Europa e Ásia Central.
- APNIC - *Asia-Pacific Network Information Centre* para Ásia e região do Pacífico.

- LACNIC - *Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry* para América Latina e Caribe.
- AFRINIC - *African Network Information Centre* para África.

Segundo dados do serviço de Registro de Endereços da Internet para América Latina e Caribe (LACNIC), o Brasil tem 585 ASNs alocados, o que equivale a 35,28 % do total alocado pelo LACNIC, conforme mostrado na tabela 1 [6].

Tabela 1: Distribuição ASN - América Latina e Caribe		
Pais	Quantidade	Quantidade %
Brasil	585	35,28%
México	239	14,41%
Argentina	239	14,41%
Chile	118	7,12%
Colômbia	93	5,61%
Panamá	78	4,70%
Venezuela	56	3,38%
Equador	38	2,29%
Guatemala	24	1,45%
Outros	188	11,35%

Fonte: LACNIC [6]

Os números apresentados pelo LACNIC mostram que a concentração de provedores que possuem ASN no Brasil é alta, se comparado aos demais países gerenciados pela entidade. Isso mostra que existe um grande volume de tráfego local e que quanto mais interconexões existirem em níveis mais baixos da hierarquia, através de conexões locais e regionais, os serviços oferecidos serão melhores, pois o usuário final ao acessar uma rede ou um serviço em outro AS não precisa passar pelo topo da hierarquia, mas sim diretamente, por uma destas interconexões diretas.

2.2. BGP

Border Gateway Protocol (BGP) é um protocolo de roteamento usado na interconexão entre ASs.

A principal função do BGP é proporcionar a troca de informações entre ASs. Estas informações incluem a lista de redes e outros ASs que ele já conhece em sua tabela de roteamento. Estas informações são suficientes para a construção de uma grande malha de conectividade a partir do qual se eliminam *loops* de roteamento e algumas políticas de roteamento podem ser aplicadas [7], [8].

O protocolo BGP baseia sua decisão de melhor rota em algoritmos do tipo “*path vector*”, que se assemelham aos algoritmos de vetor distância, pois a partir de informações recebidas de outros ASs é formado um vetor indicando o melhor caminho para determinada rede, conforme exemplificado na figura 2 [4]. Entretanto, o número de saltos não é o único atributo usado na construção do caminho de decisão do BGP. Existem outros, como por exemplo: preferência local e próximo salto. No total são 13 atributos e todos esses atributos podem ser alterados para se obter um melhor gerenciamento do seu tráfego.

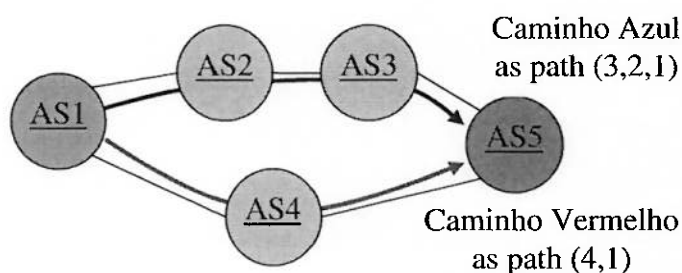


Figura 2: Geração do AS Path. Adaptada de [4]

O BGP utiliza o protocolo TCP como protocolo de transporte. O TCP é um protocolo orientado à conexão e garante confiabilidade das informações trocadas, para o BGP é importante ter essa confiabilidade e para garantir a integridade das rotas. Uma conexão BGP estabelecida é chamada de Sessão BGP.

2.3 Peering e Trânsito

Quando um AS se conecta a outro, usando o protocolo de roteamento BGP, a fim de realizar a troca de tráfego entre as suas redes, eles estabelecem um tipo de acordo que pode ser de *Peering* ou de *Trânsito*.

- *Peering* - este tipo de acordo ocorre quando se tem interesse de ambas às partes, não havendo pagamento pelo tráfego trocado. Um exemplo de *peering* é o acordo entre a Universidade de São Paulo e a Rede Nacional de Pesquisa (RNP), que por sua vez interconectam com outras instituições de ensino e pesquisa por todos os estados brasileiros. Os acordos de *Peering* geralmente são do tipo *Partial Routing*, ou seja somente as redes pertencentes aos ASs envolvidos no acordo são trocadas, conforme representado na figura 3.

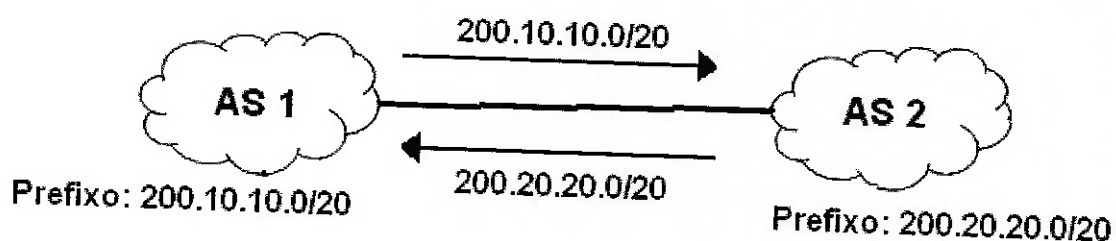


Figura 3: Acordo *Peering - Partial Routing*

- *Trânsito* - Para se alcançar todos os ASs e todas as suas redes, seria necessária uma topologia "*full mesh*" (todos interconectados com todos), o que é uma solução inviável, dado o grande número de ASs alocados [9] e geograficamente distantes. Entretanto, como nem sempre existe interesse mútuo na troca de tráfego, são estabelecidos acordos comerciais denominados venda de trânsito, ou simplesmente trânsito, onde geralmente ocorre pagamento por uma das partes. Os acordos de Trânsito são do tipo *Full Routing*, ou seja, todas as redes conhecidas pelo ASN fornecedor são repassadas ao ASN cliente.

No exemplo ilustrado na figura 4, AS1 representa o ASN fornecedor, que estabelece uma sessão BGP com o ASN cliente, representado neste exemplo pelo AS2. Por essa sessão BGP, AS1 repassa para AS2 todos os prefixos que ele possui em sua tabela de roteamento. AS2 por sua vez utiliza a estrutura de AS1 para acessar qualquer rede que esteja fora do seu domínio.

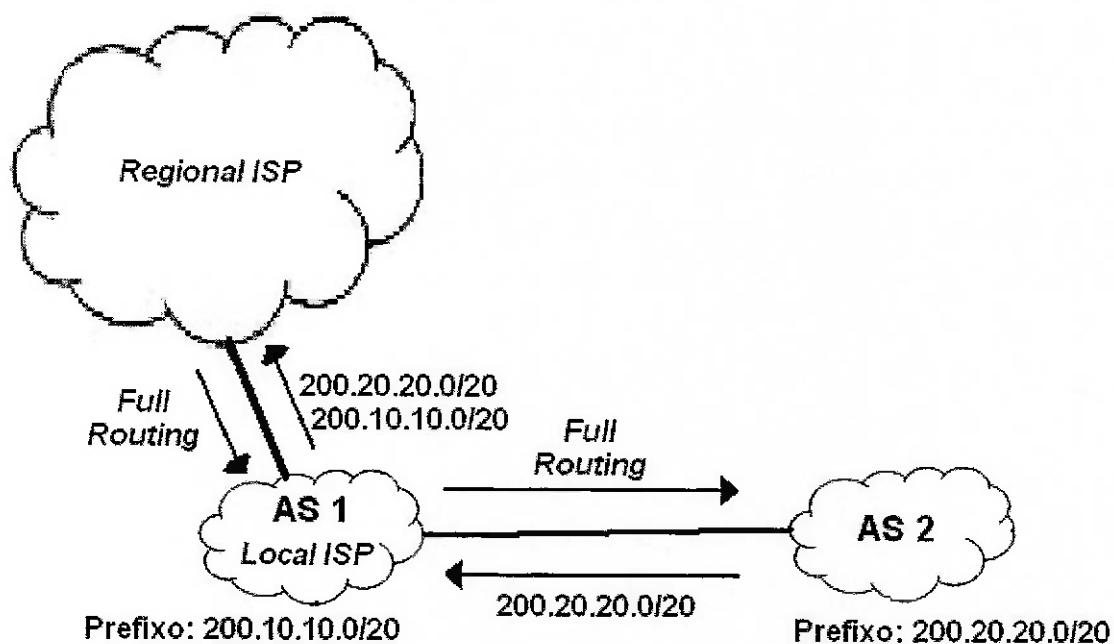


Figura 4: Acordo Trânsito – Full Routing

3. PTT – PONTO DE TROCA DE TRÁFEGO

Um Ponto de Troca de Tráfego (PTT) é uma infra-estrutura de rede física operado por uma única entidade.

Esta entidade geralmente é um ponto neutro, ou seja, sem fins comerciais. Um exemplo de PTT é o PTTMetro-SP, que é um projeto criado e administrado pelo Comitê Gestor da Internet no Brasil, entidade sem fins lucrativos, sendo uma das suas atribuições melhorar a qualidade da Internet no Brasil e disseminar seu uso, com especial atenção para seus aspectos técnicos e de infra-estrutura.

No Brasil atualmente existem 14 Pontos de Troca de Tráfego, é o 4º país no mundo em número de PTTs, e o que mais cresceu em volume de tráfego trocado, sendo 103% durante o ano de 2009[10].

Um PTT tem por objetivo facilitar e melhorar a troca de tráfego entre Sistemas Autônomos. Esta estrutura pode ser do tipo distribuída ou centralizada, e geralmente é uma estrutura que opera sobre uma rede ethernet¹[10].

- Estrutura Distribuída – Um PTT com este tipo de estrutura possui pontos de interconexão geograficamente separados. Conforme mostrado na figura 05, cada *switch* se refere a um ponto, que estão fisicamente em locais distintos. Estes pontos estão interconectados, formando uma única estrutura lógica, que é toda a estrutura do PTT. A grande vantagem deste modelo é a facilidade para os ASs se conectarem fisicamente ao PTT, escolhendo algum destes pontos de interconexão[11].

1 - Ethernet é uma tecnologia de interconexão para redes locais, baseada no envio de pacotes. IEEE - <http://www.ieee802.org/3/>

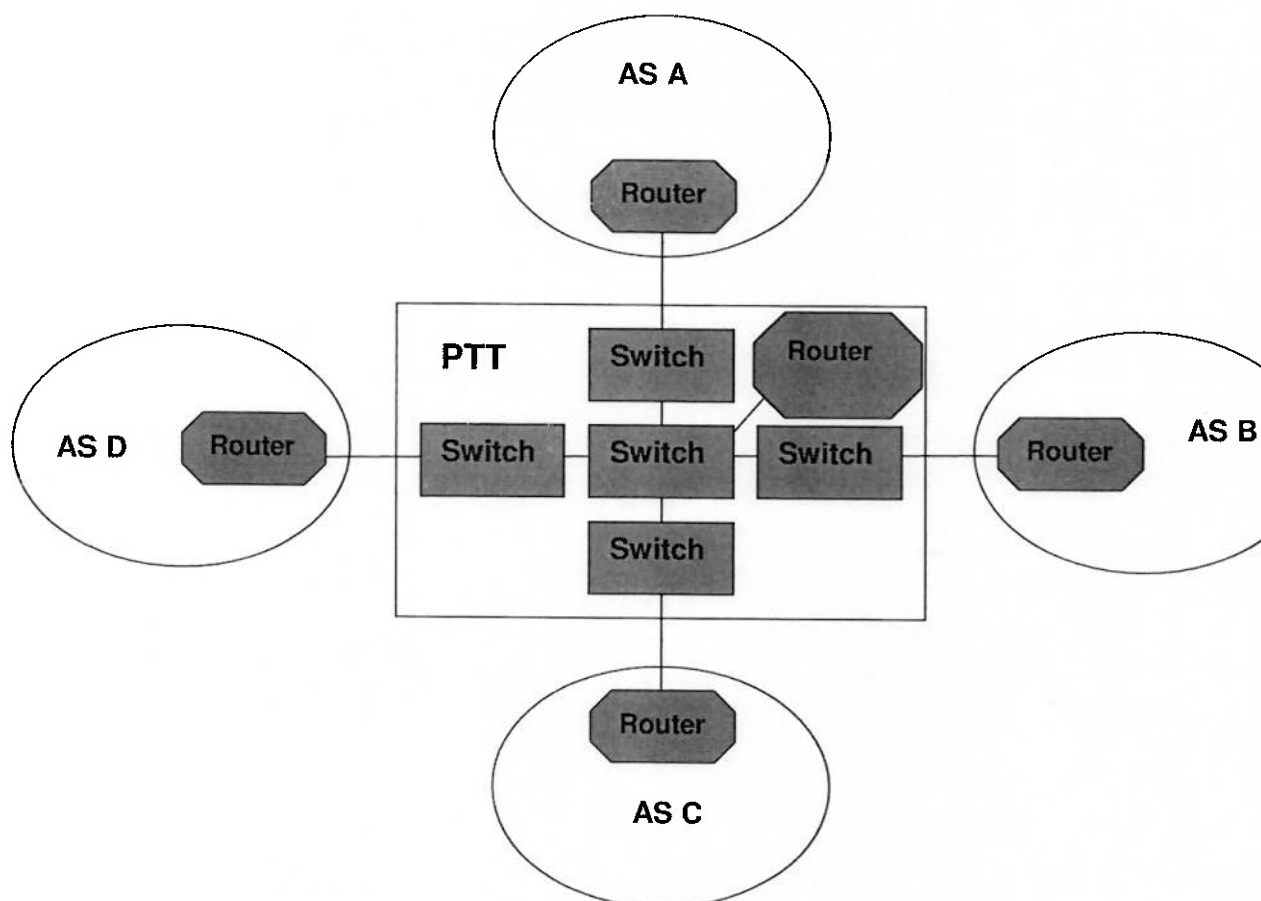


Figura 5: Estrutura Distribuída. [Figura adaptada de [11]]

- **Estrutura Centralizada** – Este tipo de estrutura se concentra fisicamente em um único local. Neste caso, todos os interessados em aderir ao PTT possuem uma única opção de conexão física. Conforme mostrado na figura 06, toda a estrutura do PTT está localizada em um único ponto físico.

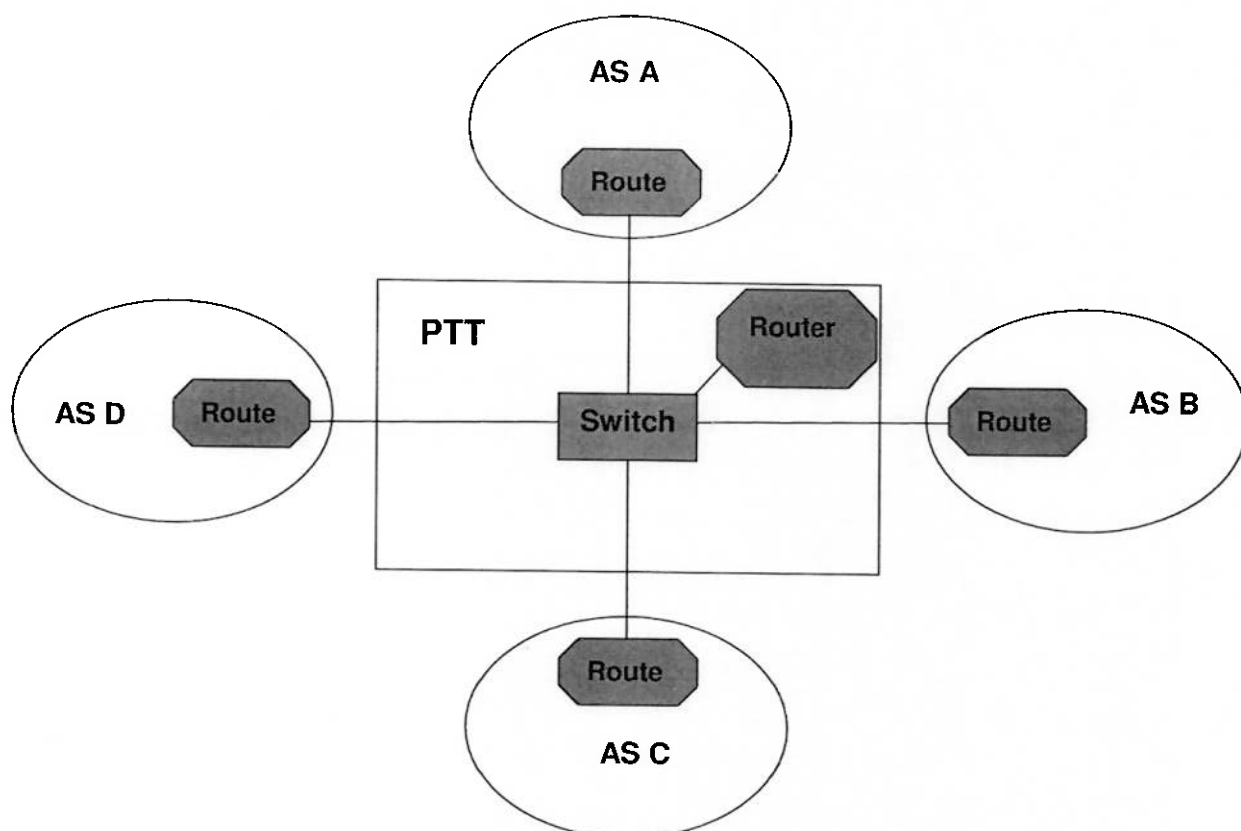


Figura 6: Estrutura Centralizada. [Figura adaptada de [11]]

A principal vantagem da Estrutura Distribuída é justamente de estar presente em diversos pontos, proporcionando ao AS interessado em se conectar ao PTT, opções de locais para estabelecer esta conexão.

A função do *router server* ou servidor de rotas apresentado nos dois exemplos anteriores, será explicada no capítulo 3 no item 1.1.

Os Sistemas Autônomos se conectam a um PTT utilizando o protocolo de roteamento BGP. Esta conexão permite aos ISPs trocarem de tráfego diretamente entre si, melhorando assim, a qualidade do serviço prestado aos seus clientes e reduzindo também os seus custos de compra de trânsito. A figura 7 exemplifica melhor esta conexão.

Um ISP para se comunicar com outro ISP utilizando o caminho normal, representado na figura pelo caminho "C1", seria necessário oito saltos, ou seja, passar por sete ASs de trânsito. Já utilizando a estrutura de um PTT, representado pelo caminho

"C2", seria necessário somente um salto, sem a necessidade de utilizar outro AS como trânsito.

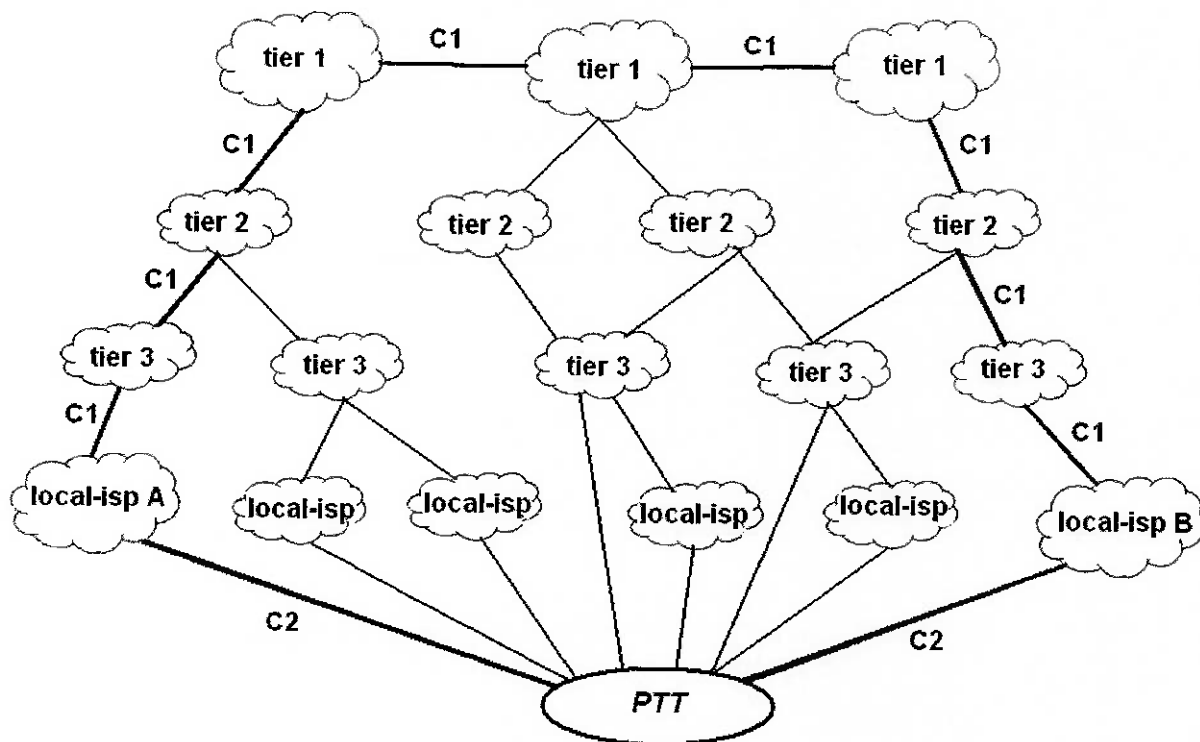


Figura 7: Hierarquia da Internet com PTT. [Figura adaptada de [1]]

3.1 Acordos em um PTT

Em um PTT existem 2 tipos de acordos:

- *Peering público* - Ao se aderir a esse tipo de acordo, um ISP estará, automaticamente, trocando tráfego com os outros participantes desse acordo, que é do interesse da maioria dos participantes de um PTT. Este tipo de acordo é controlado diretamente pela entidade administradora do PTT.
- *Peering privado* - Esse tipo de acordo é realizado bilateralmente entre os participantes, sem interferência da entidade administradora do PTT, geralmente utilizado entre grandes ISPs.

A figura 8 ilustra a relação entre número de participantes e os dois tipos de acordos em alguns dos principais PTTs do Brasil¹. No PTTMetro-RS, por exemplo, 96% dos participantes fazem parte do acordo público. Esta é uma grande vantagem para os pequenos ISPs realizarem acordos com outros ISPs, o que seria inviável ou até mesmo impossível de acontecer fora de um PTT, pois os acordos de *peering* só acontecem quando há interesse mútuo entre as partes, o que nem sempre acontece entre um pequeno e um grande ISP.

Mesmo em PTTs onde a maioria dos participantes são de médios e grandes ISPs, como no PTT-Amsterdã e PTT-Londres, o acordo de *peering* público tem a participação de mais de 50% dos participantes.

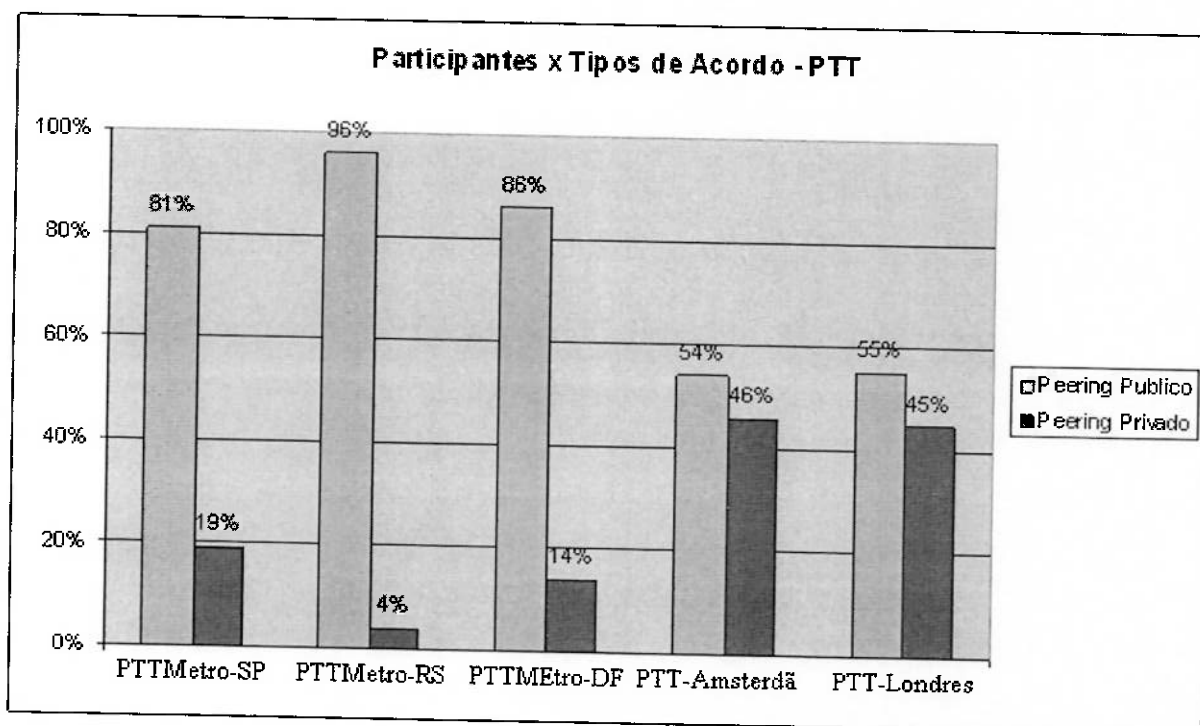


Figura 8 Relação Participante x Tipos de Acordos

Apesar de estarem fisicamente sobre a mesma estrutura física, estes acordos são logicamente separados, em especial, os acordos de *peering* privado, que geralmente envolvem questões comerciais, limitações de banda e tráfego.

1 – Disponível em <http://www.ptt.br> (dez/2009)

3.1.1 Servidor de Rotas (Router Server)

Para realizar o acordo de *peering* público existe um roteador na estrutura do PTT. A função deste roteador é controlar as sessões BGPs dos participantes que estão presentes neste acordo. Cada participante estabelece uma única sessão BGP com este roteador, que se encarrega de repassar essas rotas aos outros participantes deste mesmo acordo.

As sessões BGPs estabelecidas no servidor de rotas têm uma característica especial, isto é, alguns atributos do BGP não são alterados, como visto no item 2 do capítulo 2, o protocolo BGP lhe permite melhor gerenciar o seu tráfego manipulando alguns dos seu atributos, no caso do servidor de rotas são dois: *as-path* e *next-hop*.

Estes 2 atributos são os responsáveis em indicar, para quem está recebendo os dados das sessões BGPs estabelecidas, que para alcançar determinado destino é indispensável utilizar um determinado caminho. No exemplo ilustrado na figura 9, o caminho normal de um tráfego do AS A para o AS B seria utilizar o caminho através do servidor de rotas (*router server*), caminho "C1". Porém, como o servidor de rotas é utilizado somente para gerenciar as sessões BGP, ele indica para o AS A que ele pode alcançar o AS B diretamente, utilizando o caminho sem passar pelo servidor de rotas, caminho "C2". Entre os ASs e o servidor de rotas são trocados somente as informações das sessões BGPs.

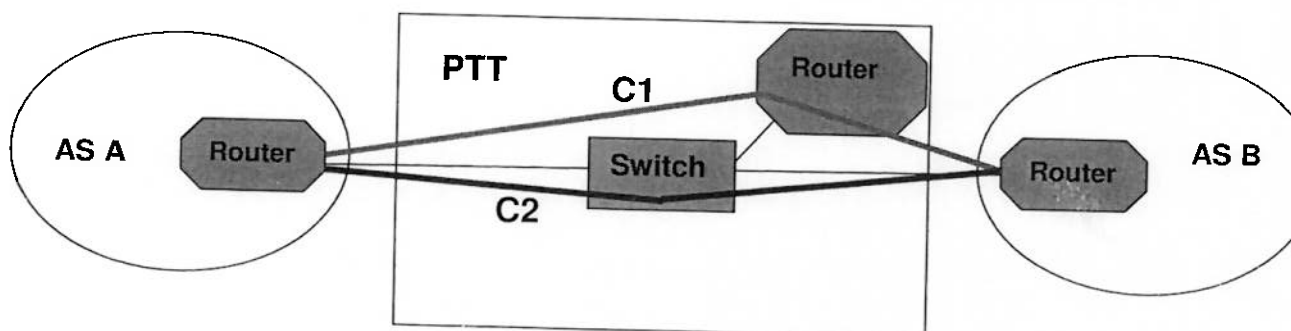


Figura 9: Servidor de Rotas [Figura adaptada de [11]]

3.2 Vantagens de se conectar a um PTT

3.2.1 Redução de Custos

Para se conectar a um PTT, o ISP tem o custo de uma única conexão. Além disso, aderindo ao acordo de *peering* público estará realizando a troca de tráfego com todos os outros participantes do PTT, que também fazem parte do mesmo acordo.

Nos PTTs também podem ocorrer a venda de trânsito, ou até mesmo o *peering* pago, que nada mais é do que um acordo de *peering* onde há o pagamento por uma das partes interessadas no acordo. Mesmo nestes casos, há uma redução de custos, pois será cobrado somente o tráfego, e não mais a conexão entre os ISPs.

Essa redução de custos pode ser mais significativa para um ISP ou para outro, dependendo do seu perfil de tráfego. Existem dois tipos de ISP com relação ao tráfego: provedor de acesso e provedor de conteúdo.

- Provedor de acesso é um provedor onde seus clientes são, em maioria, os chamados usuários finais que utilizam o ISP para acessar os serviços de outras empresas, como bancos, universidades, notícias, etc..
- Provedor de conteúdo é um provedor onde seus clientes são, em maioria, grandes empresas que utilizam o ISP para hospedar seus servidores e gerar o conteúdo a serem acessados pelos seus respectivos clientes.

Além dos provedores de acesso e de conteúdo, existem ainda os provedores que são os fornecedores de trânsito, onde o tráfego acaba sendo uma mescla dos dois tipos de perfis de tráfego, acesso e conteúdo.

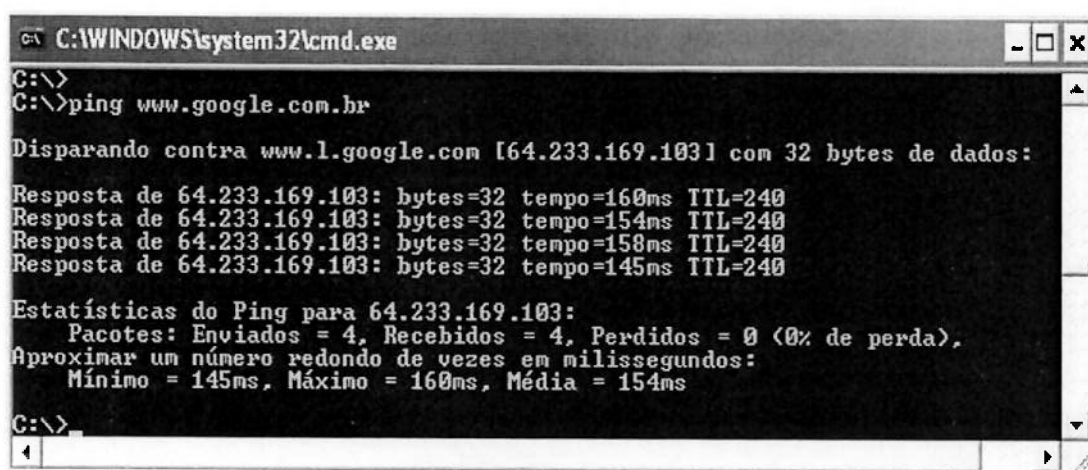
Em um PTT, o ideal é que existam participantes de todos os tipos, para que se tenha um grande volume de tráfego trocado entre os participantes.

3.2.2 Redução de Latência

A interligação direta entre dois ISPs através de um PTT reduz significativamente a latência de transmissão entre dois pontos da Internet, evitando que o fluxo de dados passe por vários outros provedores de trânsito.

A redução no número de saltos até um determinado destino melhora também a eficiência, pois os pontos de falhas também são reduzidos.

Um comparativo entre os dois cenários é mostrado nas figuras 10 e 11. Estes dois cenários mostram o tempo de acesso a um determinado site. Na figura 10 foi realizado através de uma rede que não está conectada a um PTT, onde o tempo médio de latência foi de 154ms. Na figura 11 foi realizado através de uma rede conectada a um PTT, e o tempo médio foi de 1,68ms. Obteve uma melhora de 98,9% no tempo de acesso ao site.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>
C:\>ping www.google.com.br

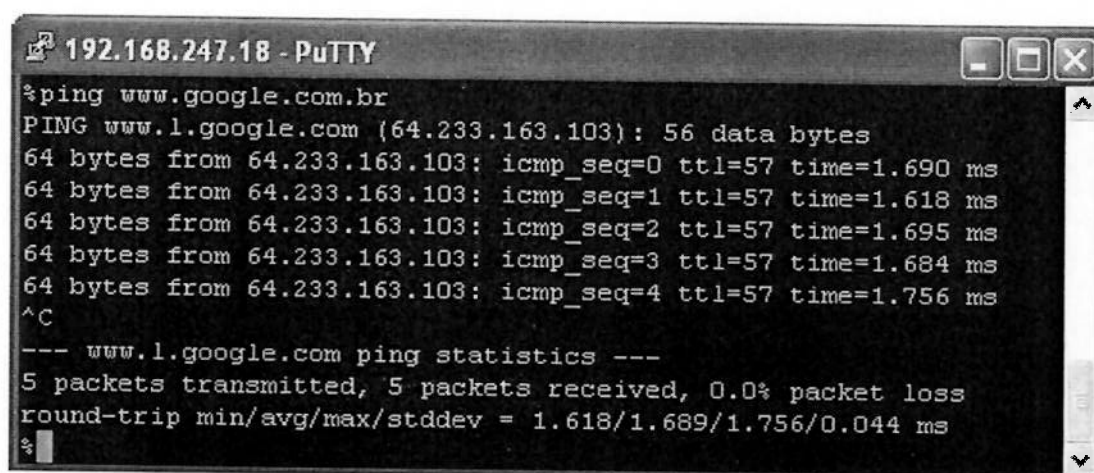
Disparando contra www.l.google.com [64.233.169.103] com 32 bytes de dados:

Resposta de 64.233.169.103: bytes=32 tempo=160ms TTL=240
Resposta de 64.233.169.103: bytes=32 tempo=154ms TTL=240
Resposta de 64.233.169.103: bytes=32 tempo=158ms TTL=240
Resposta de 64.233.169.103: bytes=32 tempo=145ms TTL=240

Estatísticas do Ping para 64.233.169.103:
    Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos = 0 (0% de perda),
    Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:
        Mínimo = 145ms, Máximo = 160ms, Média = 154ms

C:\>
```

Figura 10: Acesso site Google fora PTT



```
192.168.247.18 - PuTTY
%ping www.google.com.br
PING www.l.google.com (64.233.163.103): 56 data bytes
64 bytes from 64.233.163.103: icmp_seq=0 ttl=57 time=1.690 ms
64 bytes from 64.233.163.103: icmp_seq=1 ttl=57 time=1.618 ms
64 bytes from 64.233.163.103: icmp_seq=2 ttl=57 time=1.695 ms
64 bytes from 64.233.163.103: icmp_seq=3 ttl=57 time=1.684 ms
64 bytes from 64.233.163.103: icmp_seq=4 ttl=57 time=1.756 ms
^C
--- www.l.google.com ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 1.618/1.689/1.756/0.044 ms
%
```

Figura 11: Acesso site Google via PTT

Conforme a figura 11, pode-se ver que a diferença entre tempo de resposta máximo e mínimo também é muito pequena, o que é bom para aplicações sensíveis à latência, como voz e vídeo.

3.2.3 Melhoria da Capacidade

Em telecomunicações, quando se contrata um *link*, paga-se pela distância e velocidade (taxa de transmissão). Quando se diminui a distância, pode-se aumentar a velocidade mantendo o custo.

Um PTT é uma estrutura onde se pode ter acesso a vários ISPs. Com isso existem várias empresas ofertando a venda de trânsito e conseqüentemente, o custo para compra diminui e a qualidade aumenta.

Isso para o usuário final significa mais velocidade pelo mesmo preço, com uma melhor qualidade do serviço prestado.

4. CASOS TÍPICOS ENVOLVIDOS NA GESTÃO DE UM PTT

Existem em um PTT diversas redes independentes, com gerências distintas, porém interligadas em uma única estrutura de camada 2 do modelo de referência OSI. O papel da entidade administradora de um PTT é garantir que somente o tráfego válido seja trocado entre essas redes.

O objetivo deste capítulo é mostrar os casos típicos relacionados a gestão de um PTT. A seguir são citados os principais.

4.1 Dimensionamento do *Link* de Transporte

O primeiro passo para um ISP se aderir a um PTT é realizar a contratação de um *link* de transporte até o ponto de interconexão mais próximo. Até o momento dessa contratação o ISP não sabe exatamente qual seria a sua demanda de tráfego com os demais participantes do PTT. Na maioria das vezes, pequenos ISPs não possuem um gerenciamento eficiente de sua rede a ponto de saber quanto de tráfego é trocado com uma determinada rede.

Quando um ISP for fazer parte do acordo de *peering* público, calcular essa demanda fica quase impossível, pois cada ISP participante tem autonomia sobre a sua própria rede podendo alterar os anúncios de suas rotas via BGP, e com isso influenciando no tráfego de todos os demais participantes.

A única referência de tráfego que um ISP possui é o seu tráfego total enviado e recebido pelos seus provedores de trânsito. Vários fatores influenciam nessa troca: perfil do tráfego do ISP (conteúdo ou acesso), números de participantes do PTT e o perfil desses participantes. Em determinados casos o tráfego trocado em um PTT representa mais de 30% em relação ao volume de tráfego total do participante.

As duas principais vantagens que um ISP tem ao utilizar um PTT (redução de custos e melhoria do serviço prestado) são afetadas diretamente por essa questão do cálculo da capacidade do *link* de transporte. Se a capacidade do *link* for subestimada, a qualidade do serviço será prejudicada, ou caso ocorra uma subutilização do *link*, a redução de custos esperada não ocorrerá.

O principal papel da entidade administradora do PTT, neste caso, é ajudar o participante interessado em aderir ao PTT a definir o perfil do seu tráfego e o quanto ele será beneficiado pelo PTT em que se deseja conectar. Isto pode ser definido levando em conta dados históricos de outros ISPs e pela média de tráfego trocado pelos outros participantes desse PTT.

4.2 Otimização do Domínio de *Broadcast*

Domínio de broadcast é um segmento lógico de uma rede, onde os dispositivos desse segmento se falam sem a necessidade de roteamento.

A estrutura lógica de um PTT, seja ela fisicamente do tipo centralizada ou do tipo distribuída, é formada por uma única estrutura de rede ethernet, de camada 2, totalmente interligada.

Como vimos anteriormente, essa estrutura traz uma série de vantagens de negócios, como a possibilidade de realização de acordos públicos e privados, etc. Mas também é uma estrutura lógica que necessita de cuidados, como os filtros de quadros ethernet de gerências, etc.

Como se trata de uma única estrutura lógica de camada 2, também temos um único domínio de broadcast. Quando se tem um domínio de broadcast grande, o desempenho desse segmento de rede diminui.

Em um PTT existem algumas formas de controlar um grande domínio de broadcast e desta forma obter um bom desempenho da rede:

- Controle de endereço MAC. Cada dispositivo de rede possui um endereço MAC único. Na interface de conexão do participante ao PTT, cria-se uma regra, liberando somente o endereço MAC do roteador do cliente. Dessa maneira consegue manter o domínio de broadcast enxuto.
- Uso de VLAN. Vlans são redes virtuais dentro da mesma estrutura lógica. Este recurso é normalmente utilizado para segmentar e aperfeiçoar a estrutura. Um exemplo de utilização de vlans são os *peerings* privados[12].

4.3 Validação de Quadros *Ethernet*

A tecnologia utilizada nos PTTs geralmente é da família *ethernet*. Essa alta utilização é devida ao custo acessível, e também pela suas características de funcionamento.

A principal característica de uma rede ethernet são os envios de quadros. Estes quadros são divididos em 2 partes: *Header* e *Payload*.

- *Header*. É o cabeçalho de um quadro *ethernet*. Tem um tamanho fixo de 14 *bytes*, e nele, estão contidos o endereço de origem, o endereço de destino e o tipo do quadro.
- *Payload*. É a carga útil do quadro *ethernet*. Contém os cabeçalhos das camadas superiores e dados de aplicação. Tem tamanho variável até 1500 *bytes*.

O tipo do quadro é representado por 2 *bytes* no *header*. Foi criado um padrão para esses valores e somente três são válidos em um PTT, conforme mostrado na tabela 2[13].

Tabela 2: Quadros ethernet válidos em um PTT

Valor (hexadecimal)	Descrição
0800	Internet IP Versão 4
86DD	Internet IP Versão 6
0806	ARP

Fonte: GTER [13]

Os outros tipos de quadros *ethernet* são descartados. Esse descarte é feito já na interface de conexão com o participante do PTT. Para isto é criada uma lista de acesso na interface do *switch*. Esta lista de acesso evita que muitos quadros sejam transferidos para a estrutura do PTT. Muitos deles são quadros de protocolos de gerência de redes, restritos ao domínio do ISP. Muitas vezes contém dados sigilosos cuja liberação poderia comprometer a segurança da rede.

Se este filtro for aplicado logo na interface de borda do ISP, tem-se uma economia e uma melhoria, inclusive no link de transporte até o PTT. Porém, não são todos os equipamentos de redes que suportam tal funcionalidade.

4.4 Monitoramento de Tráfego

Uma das grandes dificuldades de gerenciamento de tráfego para os pequenos ISPs é saber qual é esse tráfego, o quanto ele representa e qual sua origem ou destino. O *Sflow* [14] é uma ferramenta relativamente nova, que faz exatamente isso: análise de fluxo de dados, baseada na amostragem de pacotes ethernet comutados nos elementos de rede da estrutura do PTT.

Algumas características do *Sflow*:

- Ferramenta de monitoramento de fluxo de dados que trabalha nas camadas 2 e 3 do modelo de referência OSI;
- Monitoramento em tempo real;

- Implementação padrão, baseada na RFC3176[14], compatível com vários dispositivos de redes.
- Fácil implementação e manutenção;
- Escalável;

Como é uma ferramenta baseada em amostragem, ela não consegue representar o tráfego com total exatidão, mas, por outro lado oferece um cenário novo, com muitas informações extremamente úteis na gestão de um ISP.

Com essa ferramenta de monitoramento de tráfego é possível dimensionar o crescimento de um determinado serviço e poder direcionar novos investimentos para determinada área em específico [15].

4.5 Utilização de Servidor de Rotas (*Router Server*)

Os *peerings* públicos são gerenciados pela entidade administradora do PTT. Estes acordos são feitos através de uma sessão BGP entre o participante e o roteador presente na estrutura do PTT, chamado de servidor de rotas (*router server*). Como visto no capítulo 3 no item 3.1, a maioria dos participantes fazem parte do acordo de tráfego público.

A disponibilidade deste serviço é essencial para um bom funcionamento de toda a estrutura do PTT. Mesmo este servidor gerenciando várias sessões BGPs, é um serviço que exige poucos recursos, pois são sessões de *peering* normalmente com poucas rotas. Normalmente são usados dois roteadores para a redundância do serviço, eliminando, assim, um ponto único de falhas na estrutura.

Além do gerenciamento normal de um roteador (políticas de segurança, atualizações, protocolos de roteamento, etc.), estes roteadores têm a demanda de alguns outros serviços, conforme vemos a seguir.

4.5.1 Filtragem de Redes Inválidas

A *Internet Assigned Numbers Authority* (IANA) é a entidade responsável pelas alocações endereços IPs [16].

Dentro da faixa compreendida de 32 bits, divididos em 4 octetos de 8 bits, o que equivale a 2^{32} possibilidades de combinações, algumas faixas de endereçamento são reservadas pela IANA para diversos fins, uso futuro, redes privadas, etc.[17]. Essas faixas de redes reservadas não são alocadas e também faixas de endereçamento IPs que ainda não foram alocadas para uso são chamadas de “redes *bogons*”.

Algumas dessas redes podem ser utilizadas internamente em um ISP (são as chamadas redes de endereçamento privados), porém não podem ser anunciadas em sessões BGPs externas (eBGP) de trânsito ou mesmo *peering*. É necessário que o ISP filtre o anúncio e o recebimento de “redes *bogons*”.

Para garantir um bom funcionamento da estrutura do PTT a entidade administradora também adiciona esses filtros nas sessões BGPs do servidor de rotas, descartando qualquer prefixo de “redes *bogons*” sendo anunciado.

Nos acordos de *peering*, somente são repassadas às suas redes e recebidas somente as redes do seu vizinho, diferente do que acontece em um acordo de trânsito onde você recebe uma tabela de rotas completa (*full routing*) ou uma rota padrão (*default routing*).

O estabelecimento de uma sessão BGP fora de uma estrutura de PTT ocorre bilateralmente entre os ISPs. São estabelecidos links ponto a ponto e existe uma

relação de confiança entre as partes, o que facilita o gerenciamento dos prefixos anunciados.

Já em um acordo de *peering* público em um PTT, uma única sessão BGP estabelecida com o servidor de rotas, recebe prefixos de todos os outros participantes que também possuem sessão BGP neste mesmo servidor de rotas. É uma boa prática em um servidor de rotas validar e garantir que os participantes possuem autoridades sobre os prefixos que estão anunciando[18].

4.5.2 Estabelecimento de *Peering* Públicos Controlados

Conectados em um PTT existem pequenos e grandes ISPs. Muitas vezes os grandes ISPs são fornecedores de trânsito para os pequenos ISPs dentro ou fora da estrutura de um PTT.

Dentro de uma estrutura de troca de tráfego, existem participantes com interesses apenas comerciais, que não fazem parte de nenhum acordo de *peering* (público ou privado)

Como visto no item 1 do capítulo 3, *peering* público é um tipo de acordo onde a troca de tráfego ocorre gratuitamente entre todos os participantes. E existe também o acordo de *peering* público controlado, que é quando dois ou mais participantes não desejam realizar a troca de tráfego com outro determinado participante, por interesses comerciais por exemplo.

A figura 12 ilustra um cenário que exemplifica quando ocorre um acordo de *peering* público controlado.

O ISP, no exemplo da figura chamado de “tier 3”, é o provedor de trânsito para o “local-isp”. Este trânsito é fornecido através do link “L1”. O “local-isp” está conectado ao PTT através do link “L3” e o ISP “tier 3” está conectado ao PTT através do link “L2”.

Considerando que todos os participantes deste PTT fazem parte do acordo de *peering* público, eles trocam tráfego entre si através da estrutura do PTT. O valor do atributo *Local-Preference* do protocolo de roteamento BGP é normalmente alterado pelos participantes de um PTT para preferir esta conexão pelas várias vantagens vista anteriormente no capítulo 3.

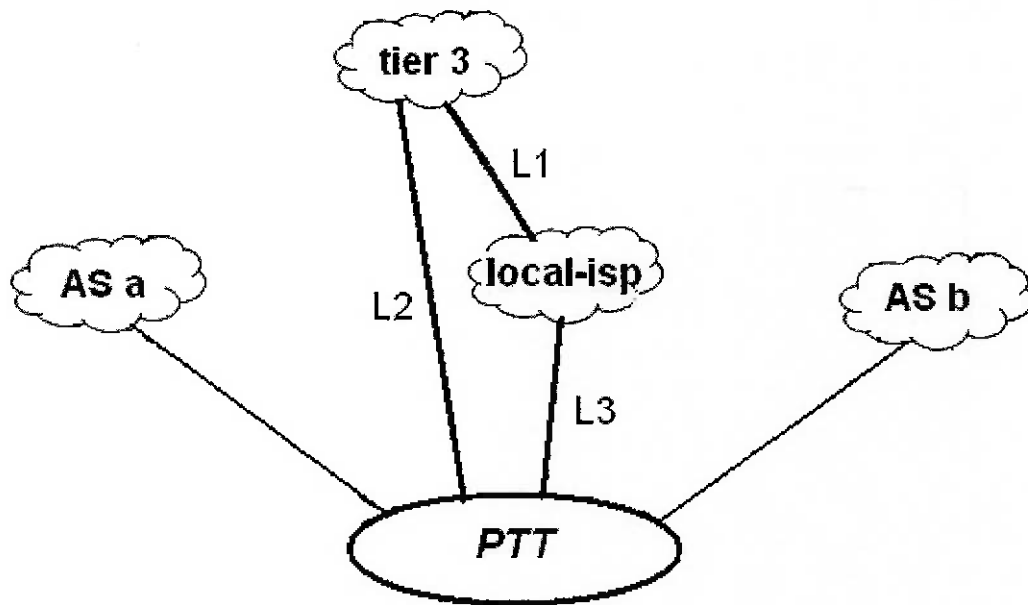


Figura 12: Acordo público controlado

No caso exemplificado pela figura 12, existe uma particularidade, isto é, entre o ISP "tier 3" e "local-isp" existe uma relação comercial de venda de trânsito fora da estrutura do PTT. Para resolver este problema de receber os mesmos prefixos por dois caminhos diferentes, citado anteriormente, é aplicado um filtro nas sessões BGPs dos participantes envolvidos, evitando que estes dois ASs realizem a troca de tráfego pela estrutura do PTT. Estes ASs continuam trocando tráfego com todos os outros participantes e preservam o acordo comercial existente entre eles.

Como visto no item 2 do capítulo 2, o protocolo BGP trabalha perfeitamente com vários caminhos distintos. Este controle é realizado somente para preservar os interesses comerciais dos ISPs.

5. CONCLUSÃO

Na busca de melhoria na prestação de serviço e redução de custos no mercado de telecomunicações, os ISPs devem manter-se atualizados junto às novas tecnologias e buscar se aderir a soluções eficazes que vão lhes trazer benefícios, e principalmente benefícios para seus clientes.

Os centros de estudos e organizações, tais como: IEEE, ISOC - *Internet Society*, LACNIC, entre outros, juntamente com os ISPs, trabalham intensivamente para a ampliação e melhoria da qualidade da Internet. O incentivo a criação de PTTs é um desses pontos. Na América Latina, por exemplo, já são 29 PTTs, o que significa um aumento de 50% nos últimos dois anos. [19]

Os artigos e as bibliografias consultadas que tratam sobre o tema desse trabalho, apontam para o aumento dos números de PTT e também o aumento do fluxo de tráfego trocado nos PTTs existentes. No Brasil, no último ano teve um aumento de 45% no volume de tráfego trocado nos 14 PTTs existentes. [19]

Um dos fatores mais relevantes para a implantação e a adesão a um PTT é a melhoria da qualidade do serviço prestado. No capítulo 3 ilustrou-se um exemplo desta melhoria, com uma redução de 98,9% no tempo de acesso a um site de pesquisa.

Este trabalho agregou diversos pontos referentes a este modelo de negócio através do estudo de caso dos problemas típicos enfrentados na administração de um PTT.

Os cinco casos apresentados no capítulo 4 descrevem boas práticas e soluções que podem ser utilizadas para melhorar a gestão de um PTT. Algumas soluções que foram apresentadas também podem ser empregadas como boas práticas para pequenos ISPs, principalmente para os que estão em processo de implantação do protocolo BGP.

A adesão a um Ponto de Troca de Tráfego fornece benefícios a todos os participantes. Estes benefícios são mais claros para os pequenos provedores, pois lhe garantem melhorias em dois pontos chave: redução de custos com banda de acesso e melhoria do serviço prestado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Kashiwakura, M. K.; Reis, E. A.; Rezende Filho, A. G. PTTMetro - Informações e Destaques. Trabalho apresentado a 3. PTTForum, 2009, São Paulo. Não Publicado.
- [2] Huston, G. Peering and Settlements. [S.l.: s.n.]. 48 p. Disponível em: <http://www.cisco.com/web/about/ac123/ac147/archived_issues/ipj_2-1/peering_and_settlements.html>. Acesso em: 01 de nov. de 2009.
- [3] Altmann, J.; Goel, D. Economizing ISP Interconnections at Internet Exchange Points, 2006. Apresentado a Conference on Integrated Design and Process Technology, San Diego, USA, 2006.
- [4] Huston, G. Exploring Autonomous System Numbers. [S.l.: s.n.]. 20 p. Disponível em: <<http://ispcolumn.isoc.org/2005-08/as1.html>>. Acesso em: 01 de Nov. de 2009.
- [5] Magoni, D.; Pansiot, J.J. Analysis of the Autonomous System network topology. [S.l.: s.n.]. 12 p. Disponível em: <<http://ccr.sigcomm.org/archive/2001/jul01/ccr-200107-magoni.pdf>>. Acesso em: 01 de Nov. de 2009.
- [6] LACNIC. Uruguai. Disponível em: <<http://lacnic.net/pt/registro/estadisticas.html>>. Acesso em: 01 de Nov. de 2009.
- [7] Border Gateway Protocol. Disponível em: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1771.txt>>. Acesso em: 01 de Nov de 2009.
- [8] Premore, B.J. An Analysis of Convergence Properties of the Border Gateway Protocol Using Discrete Event Simulation. 2003. 452 p. Tese (PdD) – Departamento de Ciência da Computação, Dartmouth College, New Hampshire, Maio 2003
- [9] IANA. EUA. Disponível em: <<http://www.iana.org/assignments/as-numbers/as-numbers.xhtml>>. Acesso em: 07 de nov. de 2009.
- [10] EURO-IX. Holanda. Disponível em: <http://www.euro-ix.net/resources/2009/euro-ix_report_2009.pdf>. Acesso em 22 de nov. de 2009.
- [11] Reis, E. A. Introdução ao PTTMetro. [S.l.: s.n.]. 36 p. Disponível em: <<http://ptt.br/doc/nic.br-ceptro.br-pttmetro.apresentacao.atual.pdf>>. Acesso em 06 de jan. de 2010.

[12] Estados Unidos. Cisco. Overview of Routing Between Virtual LANs. Disponível em: <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios113ed/113ed_cr/switch_c/xcvlan.pdf>. Acesso em: 7 de jan de 2010.

[13] Reis, E. A. Análise de Vulnerabilidades de Redes em Conexões com PTT. Disponível em: <<ftp://ftp.registro.br/pub/gter/gter27/06-vul-con-ptt.pdf>>. Acesso em: 08 de jan de 2010.

[14] SFLOW. EUA. Disponível em: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3176.txt>>. Acesso em: 17 de jan de 2010.

[15] Blanc, G.; Hazeyama, H.; Kadobayashi, Y. Flow Direction Inferring Using BGP Information Encapsulated in sFlow Packets. [S.l.: s.n.]. 36 p. Disponível em: <http://intertrack.naist.jp/Blanc_JWIS200708.pdf>. Acesso em: 19 de jan de 2010.

[16] IANA. EUA. Disponível em: <<http://www.iana.org/assignments/ipv4-address-space/>>. Acesso em: 20 de jan. de 2010.

[17] Comer, D. Internetworking With TCP/IP - Principles Protocols, and Architecture, v. 1, 5th ed. [S.l.: s.n.], 2006.

[18] Butler, K. et al. A Survey of BGP Security Issues and Solutions, [s.n.]. Pensilvânia, 2008.

[19] PCH. EUA. Disponível em: <<https://prefix.pch.net/applications/ixpdir/>>. Acesso em 20 de jan. de 2010.