

Protocolos em Redes de Dados

Aula 10

Optimização de redes e Engenharia de tráfego

Luís Rodrigues

FCUL

2004-2005

Sumário

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Optimização de redes.
- ▶ Engenharia de tráfego.

Sumário

Optimização de redes

Redundância
Ilustração
Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR
Limitações do IP
CBR e MPLS
Exemplo: cisco
Caminho de protecção

- ▶ É necessário assegurar a redundância na topologia.
- ▶ Deve ter-se como ponto de partida uma análise de custos da inacessibilidade.
- ▶ Definir quais os constrangimentos temporais para a recuperação de falhas.
- ▶ Implantar e testar soluções de acordo com as metas e relações custo/benefício identificadas atrás.
- ▶ Assegurar que a redundância externa é acompanhada pela redundância interna.

Aumentando a redundância

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

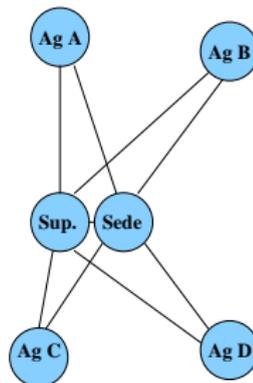
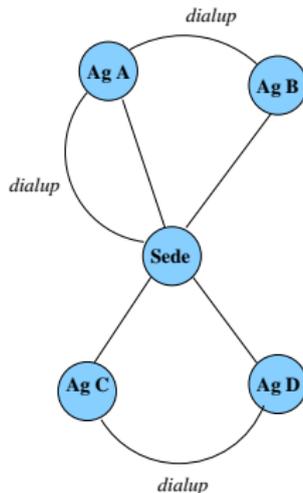
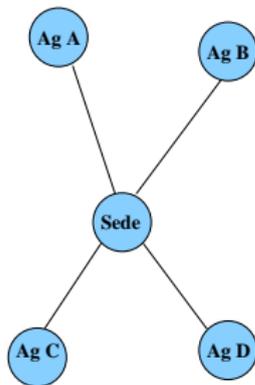
QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção



Aumentando a redundância

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

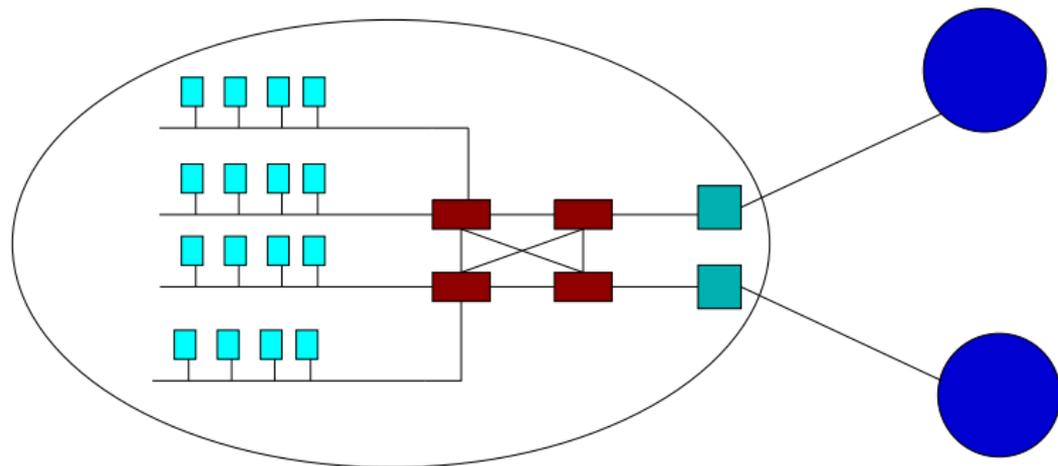


Ilustração de rede duplicada

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Redundância nos servidores, encaminhadores e comutadores.
- ▶ Redundância nas ligações.
- ▶ Distribuição dos postos de trabalho pelas diversas colunas montantes do edifício.

Rede duplicada

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

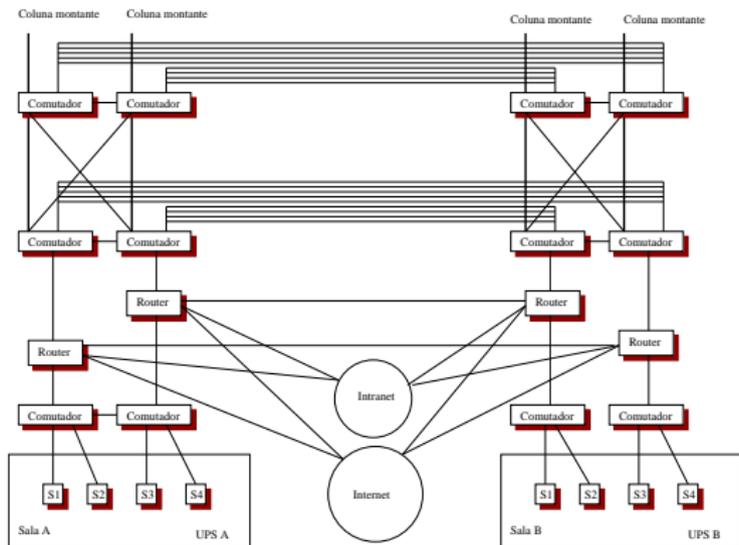
QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção



Rede duplicada

Sumário

Optimização de
redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de
tráfego

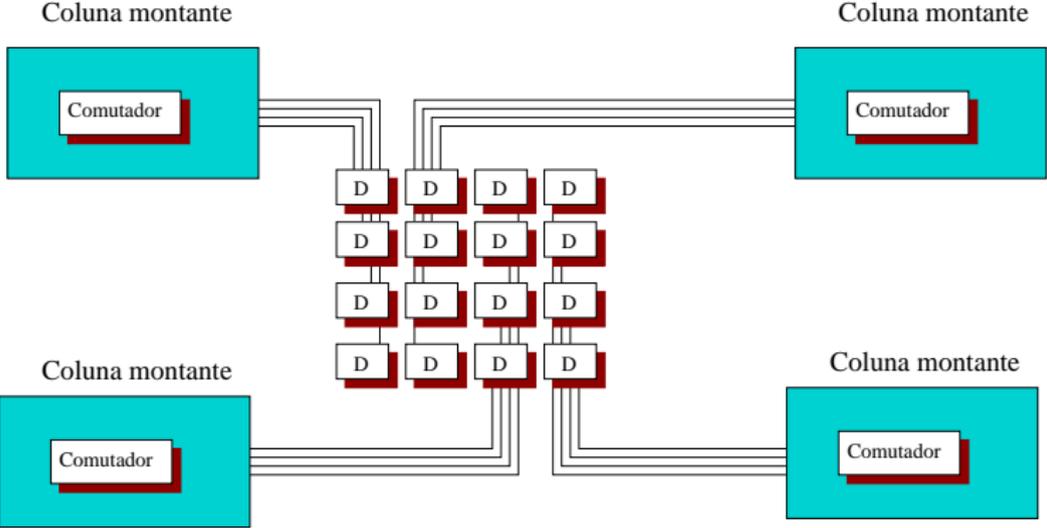
QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção



Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Seleccionar os protocolos adequados.
 - ▶ Para redes internas de maior dimensão, usar protocolos de rápida convergência e suportados pela indústria (como o OSPF ou o IS-IS).
- ▶ Evitar a proliferação de protocolos diferentes.
 - ▶ Quer protocolos de encaminhamento, quer protocolos de carregamento (BOOTP, DHCP, etc).
- ▶ Impôr uma utilização hierárquica de espaço de endereçamento.
 - ▶ De modo a tornar efectiva a agregação de rotas.

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Filtrar rotas.
- ▶ Limitar o tráfego.
 - ▶ Filtros de pacotes.
 - ▶ Formatadores de tráfego [*traffic shapers*] (capazes de olhar para os cabeçalhos de diferentes níveis).
- ▶ Explorar oportunidades de balanceamento de tráfego.
- ▶ Evitar as mensagens em difusão:
 - ▶ Enviadas por diversos protocolos como o RIP, NetWare, AppleTalk, etc.
 - ▶ Pode ser minimizado através da utilização de VLANs.

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Processo de projectar e gerir fluxos de tráfego sobre a infra-estrutura física, de modo a otimizar a utilização da rede.
 - ▶ A escolha do caminho mais curto não favorece a máxima utilização dos recursos disponíveis.
 - ▶ O caminho mais curto fica sobrecarregado.
 - ▶ Caminhos mais longos mas viáveis são sub-utilizados.

- ▶ *QoS-Based Routing (QBR)*. Realizar decisões de encaminhamento com base na qualidade de serviço solicitada.
 - ▶ Requer a classificação de fluxos e escolhas de caminhos distintos para cada classe.
- ▶ *Policy-Based Routing (PBR)*. Escolha de caminhos com base em decisões administrativas.
 - ▶ Por exemplo, proibir tráfego comercial de usar certos troços de rede.

Constraint-Based Routing (CBR).

- ▶ Integra o QBR e o PBR.
- ▶ Tenta escolher caminhos de modo a otimizar diferentes critérios.
 - ▶ Distância mais curta que não viola uma dada restrição.
 - ▶ Caminho com mais largura de banda de todos os caminhos mais curtos (*widest-shortest*).
 - ▶ Caminho mais curto de entre os caminhos com maior largura de banda (*shortest-widest*).

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

Constraint-Based Routing (CBR).

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Necessita de um protocolo que permita aos encaminhadores conhecerem os recursos disponíveis na rede.
 - ▶ Por exemplo, extensões ao OSPF, como o QOSPF.
- ▶ Necessita de ser acompanhado por um protocolo de sinalização para efectuar as reservas de recursos.

Limitações do IP para engenharia de tráfego

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ A escolha dos caminhos pode ser controlada através de uma cuidada atribuição de custos aos elos.
- ▶ Esta aproximação não permite diferenciar fluxos: o encaminhamento IP é feito com base na rede de destino.
- ▶ A tarefa pode ser facilitada através de tecnologias complementares como o MPLS.

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ A fonte usa conhecimento global acerca da rede para decidir o caminho.
- ▶ Usa-se o MPLS para encaminhar os pacotes por esse caminho.
- ▶ É necessário um processo de sinalização para estabelecer o caminho etiquetado.
 - ▶ Extensões ao RSVP.
 - ▶ Extensões LDP.

- ▶ A mensagem de PATH, transporta uma rota explícita. Esta mensagem segue o caminho calculado pela fonte.
 - ▶ Esta rota pode incluir todos os nós, ou incluir alguns nós intermédios.
 - ▶ Neste último caso, pode concretizar-se um sistema hierárquico (por exemplo, a rota incluir sistemas autónomos e não encaminhadores, para caminhos inter-AS).
- ▶ A mensagem de RESV estabelece a associação de etiquetas ao fluxo.

Sumário

Optimização de redes

Redundância
Ilustração
Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR
Limitações do IP
CBR e MPLS
Exemplo: cisco
Caminho de protecção

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ As mensagens de pedidos de etiqueta vão fluir da fonte até ao destino.
- ▶ Usa-se o modo associação solicitada a jusante (“downstream on-demand”).
- ▶ Estas mensagens possuem, tal como nas extensões ao RSVP, a rota que deve ser percorrida.

Engenharia de tráfego usando MPLS

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Nota: o restante texto é baseado nas funcionalidades disponíveis em equipamentos *cisco*.
- ▶ Baseia-se na utilização integrada de um conjunto de mecanismos.
 - ▶ LDP para distribuição de etiquetas (utilizadas para estabelecer túneis MPLS).
 - ▶ Extensões ao OSPF/IS-IS para distribuição de informação acerca da capacidade dos links.
 - ▶ RSVP para executar reservas de recursos.
 - ▶ Comutação baseada em etiquetas.
- ▶ Nota: todos os túneis de ET são unidireccionais.

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Em cada interface, declara-se qual a largura de banda que pode ser reservada pelos túneis MPLS.
 - ▶ Por omissão, 75% da largura de banda do elo.
- ▶ Quando se configura um túnel, indica-se qual a largura de banda que se pretende reservar nesse túnel.
- ▶ Por configuração, indica-se também uma prioridade para o túnel.
 - ▶ A criação de um túnel mais prioritário pode levar à reconfiguração de um túnel menos importante.
 - ▶ A encaminhador que criou o túnel menos prioritário, deve tentar re-estabelecer esse túnel por outro caminho.

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Prioridade de instalação (“Setup”).
- ▶ Prioridade de manutenção (“Hold”).
 - ▶ Se um túnel requer a terminação de outro para a sua instalação, a prioridade do primeiro é comparada com a prioridade de manutenção de outro.
 - ▶ Indica que alguns túneis, depois de estabelecidos, devem ser preservados.

- ▶ Por omissão, o custo de um elo é o custo utilizado no protocolo interior.
- ▶ Através de configuração manual, é possível atribuir a um elo um custo alternativo que é usado apenas para engenharia de tráfego (isto é, na configuração dos túneis).
- ▶ Isto permite utilizar métricas diferentes no estabelecimento dos túneis (por exemplo, considerar a latência do elo).

Sumário

Optimização de redes

Redundância
Ilustração
Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR
Limitações do IP
CBR e MPLS
Exemplo: cisco
Caminho de protecção

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ É possível atribuir atributos aos elos, que são codificados numa máscara de dígitos binários (bits).
 - ▶ Se o bit está activo, significa que o elo possui esse atributo.
 - ▶ A semântica dos atributos é definida pelo operador.
- ▶ É possível solicitar túneis em elos que possuem certos atributos.

Sumário

Optimização de redes

Redundância
Ilustração
Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR
Limitações do IP
CBR e MPLS
Exemplo: cisco
Caminho de protecção

- ▶ Para concretizar a engenharia de tráfego, o protocolo de estado dos elos deve incluir informação acerca da largura de banda disponível.
- ▶ São propagadas alterações quando:
 - ▶ O elo falha ou é activado.
 - ▶ A configuração é alterada (por exemplo, o custo é alterado).
 - ▶ Quando a largura de banda disponível muda significativamente.
 - ▶ Periodicamente.

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ São activadas actualizações, quando a largura de banda disponível é alterada significativamente:
 - ▶ Definem-se patamares, em termos da percentagem total de largura de banda disponível.
- ▶ Os patamares podem ser activados nos dois sentidos (quando aumenta ou quando diminui a largura de banda).
 - ▶ Patamares por omissão: 15, 30, 45, 60, 75, 80, 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 100.
- ▶ Pequenas alterações são propagadas nas actualizações periódicas (com um período mais reduzido que o protocolo interior sem ET, valor por omissão: 3 minutos).

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Nos equipamentos da cisco isto é possível com os protocolos OSPF e IS-IS.
- ▶ No OSPF as alterações são propagadas numa dada área usando anúncios dedicados (LSA type 10).

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Extensão ao algoritmo de cálculo do caminho mais curto para ter em conta restrições de largura de banda.
- ▶ Semelhante ao algoritmo de Dijkstra, com a diferença que só se consideram nós que não violem as restrições.
 - ▶ Restrições de largura de banda disponíveis.
 - ▶ Restrições referentes aos atributos.
- ▶ Dos vários nós possíveis, usa-se o peso dos links para escolher o caminho mais “curto”.

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Devido à dinâmica do sistema (novos elos ou fecho de túneis), uma configuração pode deixar de ser a óptima.
- ▶ É possível solicitar o cálculo periódico do caminho mais curto, de modo a otimizar a configuração dos túneis.
 - ▶ Também é possível indicar que um túnel deve manter, preferencialmente, o mesmo caminho (desde que os elos estejam activos) [tunnel lockdown].



Estabelecimento do caminho usando RSVP

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ A mensagem de PATH leva a rota calculada para o túnel (“Explicit Route Object”, ERO).
- ▶ Cada encaminhador, ao receber a mensagem de PATH, executa o controlo de admissão antes de enviar a mensagem para o next-hop.
 - ▶ Verifica se existe a largura de banda pedida e faz uma reserva da mesma.

Estabelecimento do caminho usando RSVP

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ O último encaminhador envia de volta uma mensagem de RESV que é usada para estabelecer as associações de etiquetas MPLS.
- ▶ Periodicamente, ambas as mensagens são re-enviadas.
- ▶ Mensagen “PathTear” são usadas para terminar um túnel.

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ O RSVP prevê a possibilidade de vários fluxos partilharem as mesmas reservas.
- ▶ Esta possibilidade é usada para facilitar a reconfiguração de túneis sem duplicar as reservas.
 - ▶ A nova configuração é instalada sem cancelar a configuração anterior.
 - ▶ Elos comuns a ambas as configurações partilham as reservas.
 - ▶ Depois de confirmada a nova configuração, liberta-se a reserva anterior.

Injectando tráfego num túnel MPLS

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Estaticamente:
 - ▶ Configurando o encaminhador para enviar todo o tráfego para um dado destino pelo túnel.
- ▶ Baseado em política:
 - ▶ Configurando o encaminhador para enviar todo o tráfego com uma determinada característica pelo túnel.

Injectando tráfego num túnel MPLS

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Autoroute:
 - ▶ O encaminhador envia automaticamente todo o tráfego destinado ao extremo do túnel pelo túnel (mesmo que este não seja o caminho mais curto).
 - ▶ Para destinos além do ponto terminal do túnel, considera-se que o custo do túnel é o menor custo do IGP. Este valor pode ser alterado por configuração.

Re-routing

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

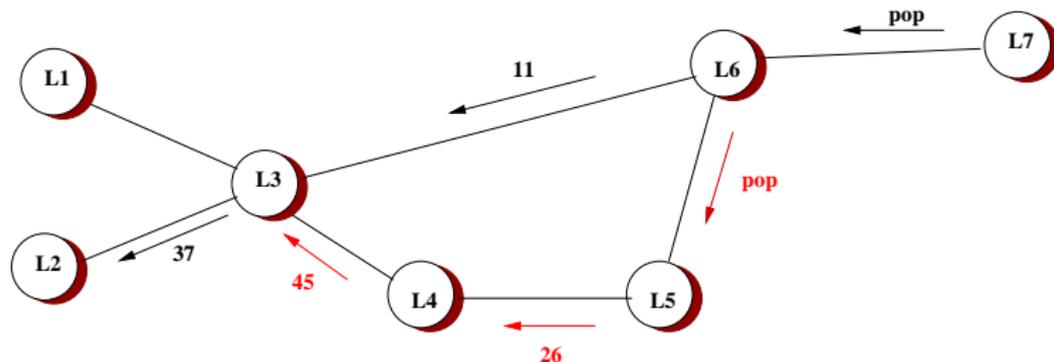
QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção



Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Cria-se um caminho “de protecção” alternativo.
- ▶ No exemplo, o caminho principal segue L2, L3, L6 e L7.
- ▶ O caminho L3, L4; L5 e L6 serve como protecção ao elo L3-L6.
 - ▶ Quando o encaminhador L3 detecta a falha do elo principal, para além de colocar a etiqueta correspondente na pilha (a 11), coloca uma etiqueta adicional (45) correspondente ao caminho de protecção.
 - ▶ Este novo nível na pilha persiste apenas durante o percurso alternativo (e o pacote já chega a L6 com a etiqueta correcta).

Sumário

Optimização de redes

Redundância
Ilustração
Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR
Limitações do IP
CBR e MPLS
Exemplo: cisco
Caminho de protecção

- ▶ A cisco oferece suporte para reservar caminhos alternativos de modo a assegurar uma recuperação mais rápida de um elo ou nó.
 - ▶ (ver exemplo anterior)
- ▶ Mais fácil de reagir e configurar do que quando se define um caminho de reserva para um túnel completo.
- ▶ Tipicamente, não se reserva largura de banda nos backups (pois isso impede o estabelecimento de outros túneis primários e de outros backups).
 - ▶ Assume-se que se recupera da falha rapidamente.

Reconfiguração do túnel

- ▶ Após a activação do caminho secundário, a origem do túnel é avisada (através de mensagens RSVP) que o túnel deixou de seguir o caminho óptimo.
- ▶ O encaminhador de origem irá então tentar re-estabelecer o túnel por outro caminho alternativo (caso exista).
- ▶ Isto faz com que o caminho de protecção seja usado durante um período pequeno.
 - ▶ O que minimiza as desvantagens de não se fazerem reservas para os percursos secundários.

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Não proteger todos os elos, mas apenas os elos nucleares mais importantes.
- ▶ Não proteger todos os túneis pois os elos suplentes possuem tipicamente menos largura de banda que o elo principal.
- ▶ Quando se configura um túnel para servir de protecção, deve indicar-se (através de configuração), que esse túnel não deve passar pelo elo a proteger.
- ▶ A detecção de falha de um elo pode ser feita usando mecanismos de nível dois ou através da troca periódica de mensagens de controlo RSVP.

Sumário

Optimização de redes

Redundância

Ilustração

Regras de bom senso

Engenharia de tráfego

QBR, PBR, CBR

Limitações do IP

CBR e MPLS

Exemplo: cisco

Caminho de protecção

- ▶ Optimização de redes.
- ▶ Encaminhamento baseado em restrições.
- ▶ Engenharia de tráfego.