

# Protocolos em Redes de Dados

## Aula 09

### Optimização de redes e Engenharia de tráfego

Luís Rodrigues

FCUL

2005-2006



#### 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.
- ▶ 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

## Assegurando a conectividade

- ▶ 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.

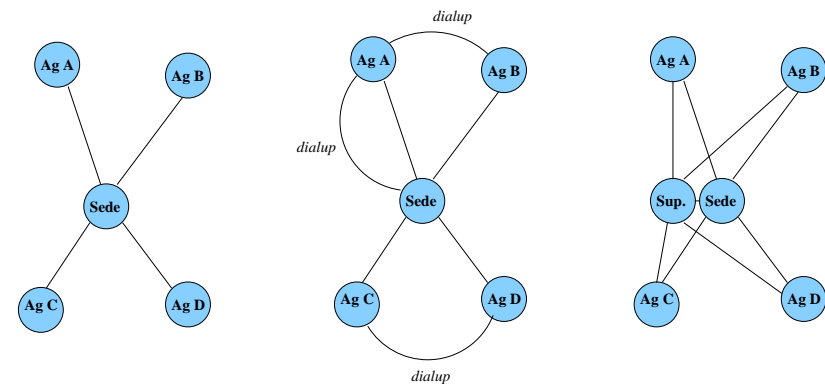


#### Sumário

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

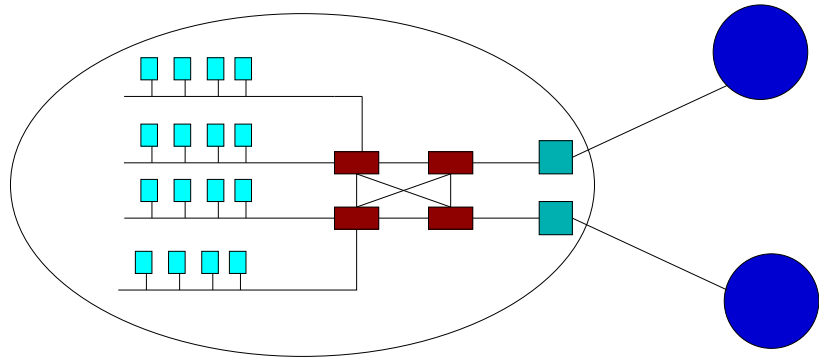


#### Sumário

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

# 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

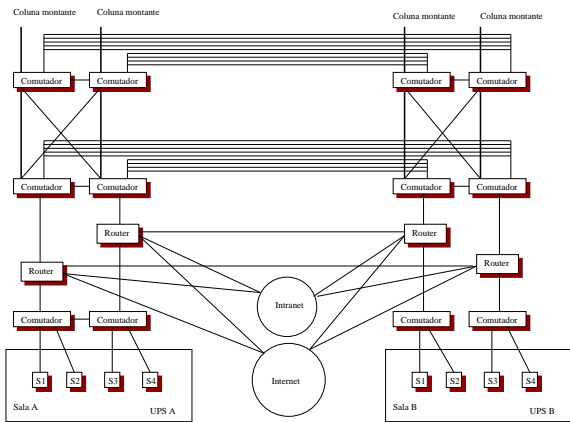
Engenharia de tráfego

- 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

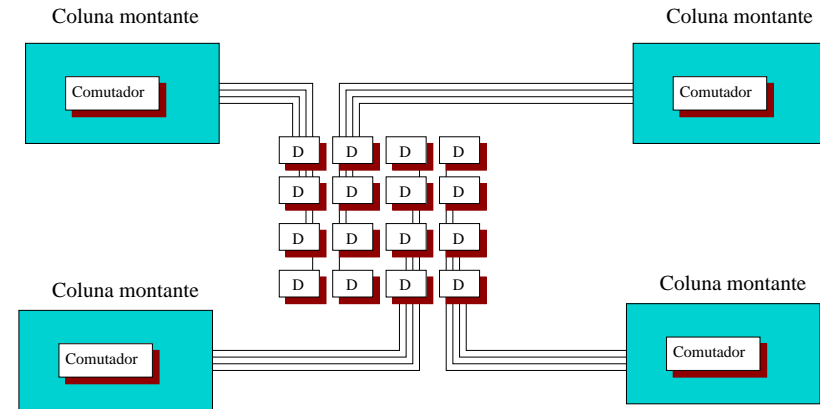
- Redundância
- Ilustração
- Regras de bom senso

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



# Optimizando a rede

- ▶ 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.



# Optimizando a rede

- ▶ Filtrar rotas.
- ▶ Limitar o tráfego.
  - ▶ Filtros de pacotes.
  - ▶ Formataores de tráfego [*traffic shappers*] (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.



# Engenharia de tráfego

- ▶ 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.



# CrITÉRIOS de encaminhamento

- ▶ *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).

## 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

- ▶ 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*).



# 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.



# 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

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



# Rede “em forma de peixe”

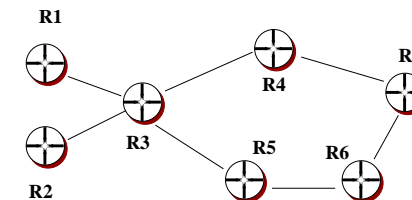
## Sumário

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

- ▶ Todos os elos possuem uma largura de banda de 150Mbps. R1 e R2 injectam 90 e 100 Mbps para R7. Como resolver o problema?
- ▶ Sem identificar fluxos, seria necessário assegurar que R3-R5-R6-R7 teria o mesmo custo que R3-R4-R7 e usar balanceamento de carga automático.



- ▶ 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.

- ▶ 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.

- ▶ 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.

# Reserva de túneis MPLS

- ▶ 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

# Prioridades dos túneis

- ▶ 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.



## 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

# Associando custos aos elos

- ▶ 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

# Associando atributos aos elos

- ▶ 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

## Propagação de alterações no estado dos elos

- ▶ 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.



## Alterações na largura de banda

- ▶ 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).



## Propagação de informação de ET

- ▶ 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).



## Constrained SPF

- ▶ Extensão ao algoritmo de cálculo do caminho mais curto para ter em conta restrições de largura de banda.
- ▶ Semelhante ao algoritmo de Djisktra, 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”.



# Reconfiguração de túneis

- ▶ 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].



## 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

# Estabelecimento do caminho usando RSVP

- ▶ 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.



## 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

# Estabelecimento do caminho usando RSVP

- ▶ 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

# Reservas partilhadas

- ▶ 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.



## 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



# Injectando tráfego num túnel MPLS

- ▶ 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.

## Protocolos em Redes de Dados

Luís Rodrigues

### 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



# Injectando tráfego num túnel MPLS

- ▶ 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.

## Protocolos em Redes de Dados

Luís Rodrigues

### Sumário

#### Optimização de redes

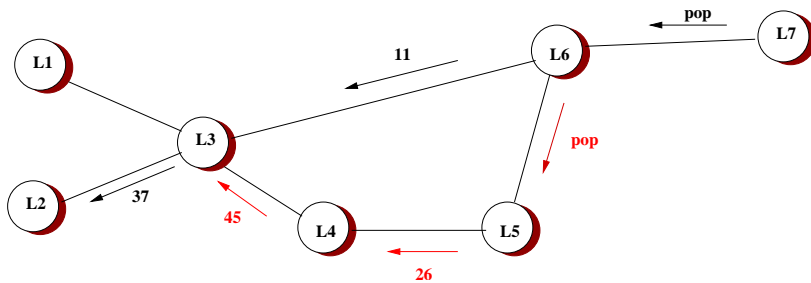
Redundância  
Ilustração  
Regras de bom senso

#### Engenharia de tráfego

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



# Re-routing



## Protocolos em Redes de Dados

Luís Rodrigues

### 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



# Re-routing

- ▶ 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).

## Protocolos em Redes de Dados

Luís Rodrigues

### 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.

- ▶ 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.

- ▶ 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.

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