

Protocolos em Redes de Dados

Aula 08 MPLS

Luís Rodrigues

FCUL

2004-2005

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

- ▶ Objectivo:
 - ▶ Conciliar as tecnologias baseadas em comutação (switching) com o encaminhamento IP.
- ▶ Aplicações:
 - ▶ Aumentar o desempenho.
 - ▶ Engenharia de tráfego.
 - ▶ Qualidade de Serviço (QoS).
 - ▶ Encaminhamento com restrições.
 - ▶ Redes Virtuais Privadas.

- ▶ Evolução e normalização (IETF) de um conjunto de tecnologias propostas no meio da década de 1990:
 - ▶ IP Switching (Ipsilon).
 - ▶ Cell Switching Router (CSR).
 - ▶ Tag Switching (Cisco).
 - ▶ Agregate Route-based IP Switching (IBM).

Motivação: desempenho

- ▶ Encaminhador:
 - ▶ Suporta múltiplos protocolos e tipos de interfaces.
- ▶ Comutador:
 - ▶ Número limitado de protocolos.
 - ▶ Encaminhamento eficiente.
- ▶ Desempenho:
 - ▶ Executar algum processamento nos encaminhadores com o mesmo desempenho dos comutadores.

Motivação: integração com ATM

- ▶ Utilizar a tecnologia dos comutadores ATM para comutar pacotes IP.
- ▶ O processo de comutação é controlado por protocolos baseados nos protocolos de encaminhamento IP.

Motivação: encaminhamento com novas funcionalidades

- ▶ Não estar limitado ao endereço de destino como critério de encaminhamento.
- ▶ Usar outros critérios como:
 - ▶ Endereço de origem.
 - ▶ Campos de qualidade de serviço.
 - ▶ Restrições de largura de banda ou outras.
 - ▶ Optimização da utilização da rede.

- ▶ A comutação baseada em endereços é tão rápida como a comutação baseada em etiquetas.
- ▶ O MPLS é usado sobretudo para concretizar engenharia de tráfego.

- ▶ O protocolo IP é encapsulado numa trama que usa uma etiqueta (label) reconhecida pelo receptor.
- ▶ O receptor usa a etiqueta para decidir para onde comutar o pacote.
- ▶ O pacote, ao ser encaminhado, é encapsulado usando outra etiqueta:
 - ▶ Troca de etiquetas (label swapping).
- ▶ Método de comutação:
 - ▶ Para cada etiqueta, está definida a interface de saída e a etiqueta a utilizar no envio.

- ▶ O pacote IP, antes de ser encapsulado na trama do nível LLC, é encapsulado com um cabeçalho "fino", que inclui a etiqueta.
 - ▶ Nalguns tipos de rede, a etiqueta pode também ser copiada para campos da trama LCC (por exemplo, em ATM).

- ▶ "Convencional":
 - ▶ Unicast: Entrada com o prefixo mais longo.
 - ▶ Unicast com QoS: ToS e prefixo mais longo.
 - ▶ Difusão: Endereço de grupo mais endereços de origem.
- ▶ Comutação baseado em etiquetas:
 - ▶ Única regra: indexação da etiqueta.

- ▶ O número de etiquetas é reduzido por comparação com o número de destinos possíveis.
 - ▶ Ou seja, não é possível definir uma etiqueta diferente para cada destino.
 - ▶ Nota: como se referiu, pode ser interessante não basear as etiquetas apenas no endereço de destino.

- ▶ Como associar "fluxos de tráfego" a etiquetas?
- ▶ Como negociar as etiquetas entre o emissor e o receptor?

- ▶ Forwarding Equivalence Class
 - ▶ Conjunto de pacotes aos quais se aplica a mesma regra de encaminhamento.
 - ▶ Exemplo:
 - ▶ Conjunto de pacotes que partilham um determinado prefixo na rede de destino.
- ▶ O encaminhamento pode ser visto como a tarefa de definir FECs e decidir qual o próximo nó para os pacotes de cada FEC.

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

- ▶ Larga:
 - ▶ Todos os pacotes para um dado prefixo.
- ▶ Fina:
 - ▶ Apenas os pacotes de uma dada ligação (identificados pelo endereço de destino, origem e portos usados pelo protocolo de transporte).

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

Componente de controlo

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento

FEC

Antecedentes

IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

- ▶ Responsável por associar FECs a etiquetas
- ▶ Responsável por informar os vizinhos das associações estabelecidas.

- ▶ Associação local:
 - ▶ O nó determina quais as associações entre FECs e etiquetas.
- ▶ Associação remota:
 - ▶ O nó aceita as associações definidas por outro nó.
- ▶ Associação a jusante (downstream binding):
 - ▶ A associação é definida por quem recebe o pacote, que informa o emissor de qual a FEC a etiquetar.
- ▶ Associação a montante (upstream binding):
 - ▶ A associação é definida por quem envia o pacote que informa o receptor das FECs etiquetadas.

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

Associação por fluxos e por controlo

- ▶ Associação estimulada por fluxos:
 - ▶ A análise do tráfego em curso estimula a definição de FECs e de associações.
- ▶ Associação estimulada por controlo:
 - ▶ A criação de FECs e associações está dependente da troca de pacotes de controlo específicos.
 - ▶ Por exemplo, estabelecimento de ligações, reserva de recursos, etc.

Associação estimulada por fluxos

- ▶ Funciona como complemento do encaminhamento "convencional".
- ▶ Antes de se definir uma associação, o tráfego utiliza a tabela de encaminhamento.
- ▶ Após ser identificado um "fluxo" relevante, é criada uma associação que permite otimizar o encaminhamento desses pacotes.
- ▶ Funciona tanto melhor quanto maior for a estabilidade do "fluxo".

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

- ▶ Usando campos dos protocolos de encaminhamento (por exemplo BGP).
 - ▶ Mais apropriado para associações estimuladas por controlo.
- ▶ Usando um protocolo específico para distribuição de etiquetas.

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

- ▶ A utilização de etiquetas pode estar circunscrita a um conjunto limitado de encaminhadores.
 - ▶ O encaminhador fronteira de ingresso adiciona etiquetas ao tráfego.
 - ▶ Os encaminhadores intermédios trocam as etiquetas.
 - ▶ O encaminhador fronteira de saída remove a etiqueta do tráfego.

IP Switching (Ipsilon)

- ▶ Permite usar comutadores ATM para comutar pacotes IP de modo eficiente.
- ▶ Cada encaminhador possui um comutador ATM e um controlador IP.
 - ▶ Os controladores IP usam um circuito virtual ATM reservado para tráfego de controlo, incluindo o tráfego necessário para executar os protocolos de encaminhamento "convencionais".
 - ▶ Circuitos virtuais dedicados vão posteriormente sendo criados dinamicamente para suportar FECs.

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

IP Switching: redirecção de fluxo

- ▶ Um nó analisa os fluxos e escolhe um FEC para ser etiquetado.
- ▶ Envia ao nó a montante informação de qual a etiqueta a utilizar.
- ▶ Se vários nós estabelecerem associações semelhantes é criado um percurso etiquetado (as etiquetas são trocadas em cada nó).

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes

IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

IFMP: Ipsilon Flow Management Protocol

- ▶ Protocolo que permite a encaminhadores vizinhos trocarem informação acerca das associações de etiquetas e manterem adjacência.
- ▶ Baseado em soft-state: associações devem ser refrescadas periodicamente.
- ▶ Pacotes para informar as associações e para cancelar associações previamente estabelecidas.

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

Tag Switching (Cisco)

- ▶ Generalização da técnica anteriormente descrita.
- ▶ Os encaminhadores são aumentados com a capacidade de reconhecer pacotes encapsulados com etiquetas e de realizar a sua comutação.
- ▶ Tráfego não etiquetado é encaminhado usando os protocolos convencionais.

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes

IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

Tag switching: criando etiquetas

- ▶ Cada nó define FECs e atribui-lhes etiquetas.
- ▶ Para cada etiqueta reservada, o nó memoriza a descrição do FEC, e qual o próximo nó (de acordo com o encaminhamento convencional).
- ▶ Os nós distribuem a informação acerca das suas etiquetas para os seus vizinhos.
- ▶ Se um nó recebe de um vizinho uma etiqueta para um FEC já classificado, e se esse vizinho é o "next hop" para esse FEC, usa essa etiqueta ao encaminhar o tráfego.

Tag switching: distribuição de etiquetas

- ▶ O modo de distribuir as etiquetas depende dos mecanismos que estimulam a criação de FECs.
- ▶ Se os FECs forem baseados em fluxo, e o protocolo de encaminhamento usado for o OSPF, é necessário recorrer ao Tag Distribution Protocol (TDP) para distribuir a informação sobre as associações.

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

- ▶ Considere um sistema autónomo que faz trânsito. Seja E o encaminhador de entrada e S o encaminhador de saída para um dado FEC.
 - ▶ Uma alternativa a injectar rotas externas dentro do sistema autónomo, consiste em fazer com que E etiquete o tráfego com etiquetas usadas para enviar pacotes para S.
 - ▶ Semelhante ao encapsulamento IP (túnel) mas mais eficiente.
- ▶ É também possível fazer com que os encaminhadores E e S façam parte de um percurso etiquetado inter-ASs.
 - ▶ Isto leva a que se use uma "pilha" de etiquetas.

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

"Pilha" (stack) de etiquetas

- ▶ O encaminhador de entrada E sabe qual a etiqueta associada a um FEC pelo encaminhador de saída S.
- ▶ Para enviar o pacote para S através do sistema autónomo, coloca uma etiqueta adicional no cabeçalho (esta etiqueta é usada para encaminhar o pacote até S).
- ▶ Quando o pacote chega a S, a etiqueta usada internamente ao AS é removida e a etiqueta subjacente é usada para decidir qual o próximo passo (fora do AS).

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

- ▶ Norma IETF que normaliza os protocolos necessários para suportar as aproximações anteriores.
- ▶ Define os formatos dos cabeçalhos (permitindo a utilização de campos LLC sempre que possível, nomeadamente sobre ATM), a noção de pilha de etiquetas e o modo de as disseminar.
- ▶ Suporta diversas políticas.

- ▶ Controlo independente:
 - ▶ Política apresentada na secção de Tag Switching.
 - ▶ Cada nó define os FEC de modo independente.
 - ▶ É teoricamente possível que vizinhos escolham classes diferentes e não compatíveis.
- ▶ Controlo ordenado:
 - ▶ A atribuição de FECs e etiquetas é iniciado num extremo do percurso e propagado (a montante ou a jusante).

- ▶ Protocolo que permite a nós vizinhos manterem adjacência e trocarem etiquetas.
- ▶ Permite aos nós funcionarem em modo de associação não solicitada a jusante ou em modo associação solicitada a jusante (o nó a montante solicita uma etiqueta ao nó a jusante).
- ▶ Também é possível distribuir as etiquetas usando o protocolo BGP.

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

- ▶ Técnica que permite aos fornecedores de serviço oferecerem VPNs aos seus clientes.
- ▶ Os encaminhadores fronteira dos fornecedores de serviço recebem as rotas pertencentes a uma dada VPN e distribuem-nas pelos restantes encaminhadores fronteira servindo essa VPN usando BGP.
 - ▶ O atributo BGP Community é usado para distinguir as rotas de cada VPN.
- ▶ No outro sentido, as rotas recebidas com o atributo Community da VPN são injectadas no IGP do cliente pelo encaminhador fronteira.

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes

IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização

- ▶ Várias tabelas de rotas
 - ▶ Os encaminhadores fronteira devem manter uma tabela de rotas por cada VPN (por oposição a uma única tabela de rotas).
 - ▶ Isto é necessário uma vez que diferentes VPNs podem usar os mesmos endereços.

▶ Endereços VPN-IP

- ▶ O BGP pressupõe que os endereços são únicos.
- ▶ Isto pode não acontecer em VPNs que usam endereços privados.
- ▶ É necessário criar uma nova família de endereços que acrescenta ao endereço IP um identificador único da VPN (Route Distinguisher).
 - ▶ Estes endereços são usados exclusivamente no BGP do fornecedor de serviço e não são visíveis para o cliente.

BGP/MPLS VPN: Encaminhamento

- ▶ O encaminhamento no interior do fornecedor de serviço é feito com base no MPLS, usando o encaminhamento hierárquico introduzido anteriormente.
- ▶ Isto permite que os encaminhadores interiores do fornecedor de serviço sejam totalmente independentes das VPNs suportadas.

Sumário

Enquadramento
histórico

Modo de
funcionamento
FEC

Antecedentes
IP Switching
Tag Switching

MPLS

Exemplo de
utilização