

Capítulo IV - QoS em redes IP

Prof. José Marcos C. Brito

Mecanismos básicos

- Classificação
- Priorização
- Policiamento e conformação
- Gerenciamento de congestionamento
- Fragmentação
- Dejjiter buffer
- Reserva de recursos

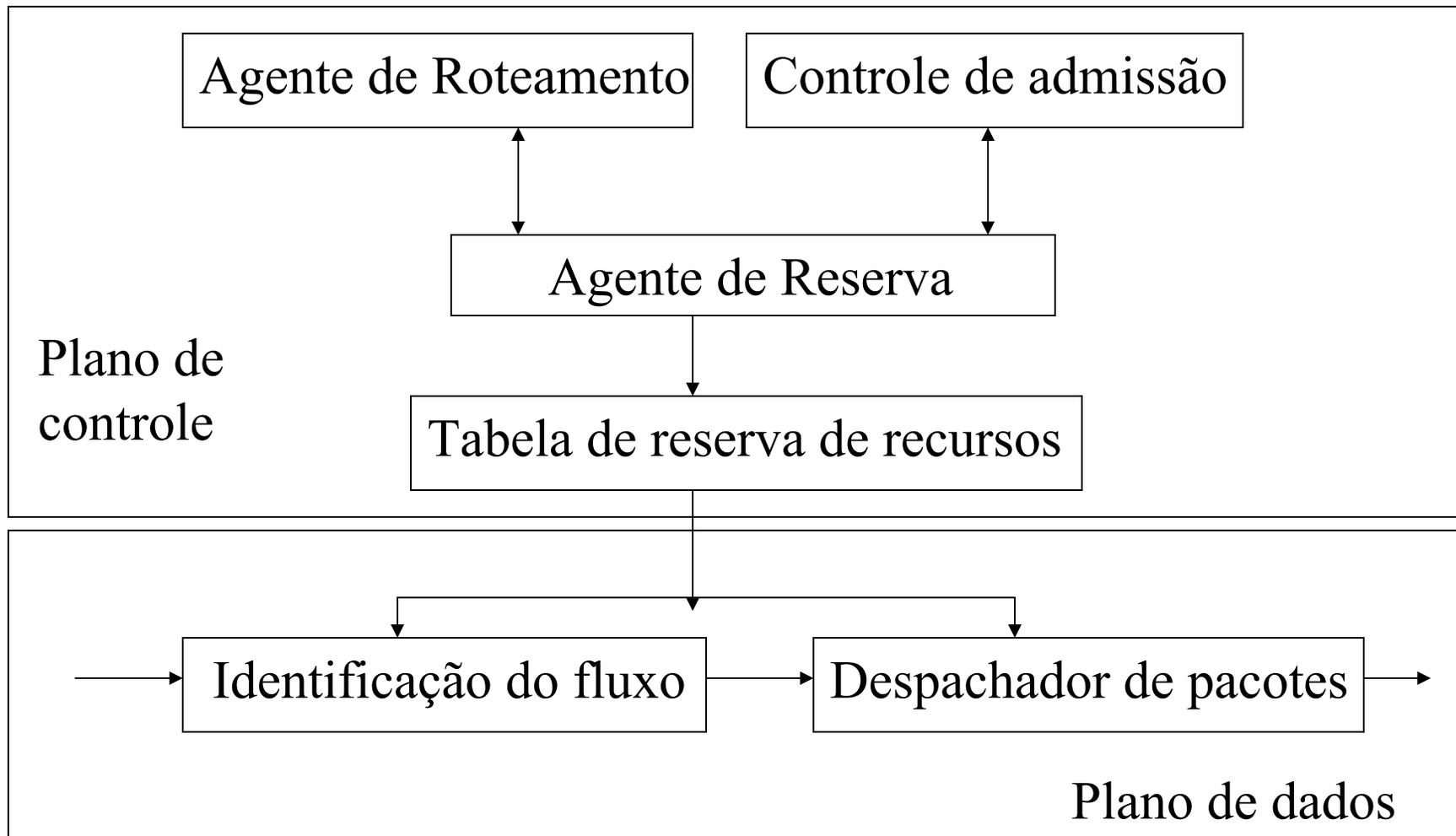
Arquiteturas para QoS

- Arquitetura de Serviços Integrados (IntServ)
- Arquitetura de Serviços Diferenciados (DiffServ)
- Multiprotocol Label Switching (MPLS)

Arquitetura IntServ

- Prevê reserva de recursos para cada fluxo na rede
 - A rede aceita um novo fluxo apenas se houver recursos suficientes para prover QoS
 - Excessivo número de fluxos pode inviabilizar seu uso nos backbones.
- O principal parâmetro de QoS é o atraso máximo por pacote

IntServ - Modelo de referência



Agente de roteamento

- Função de roteamento é desacoplada do processo de reserva
 - IntServ admite que o módulo de roteamento do roteador irá fornecer o next hop.
 - Uso do roteamento IP normal ou QoS routing
- Roteamento baseado em QoS
 - A rota é escolhida levando-se em conta os tipos de recursos solicitados
 - Várias propostas têm sido feitas neste sentido

Estabelecimento de reserva

- Protocolo específico
 - transporta as características do tráfego e requisitos de recursos
 - acompanha mudanças topológicas na rede
 - RSVP é utilizado pela IntServ

Controle de admissão

- Verifica se uma reserva solicitada pode ser atendida.
 - Caracterização do tráfego
 - Monitoração dos recursos disponíveis na rede
- Abordagens básicas
 - Controle baseado em parâmetros
 - Controle baseado em medidas

Controle de admissão -algoritmos

- Soma simples
- Soma medida
- Região de aceitação
- Banda equivalente

Identificação do fluxo

- Deve ser feita pacote a pacote
- Com base no cabeçalho IP, o identificador de fluxo pesquisa a tabela de reservas para verificar a que fluxo RSVP o pacote está associado.
 - Este processo de busca pode se tornar lento se o número de fluxos é muito grande
 - Limitação para uso em backbone e alta velocidade

Despacho do pacote

- Seleciona o pacote a ser transmitido a cada ciclo de transmissão
- O algoritmo utilizado afeta diretamente o atraso do pacote
- Weighted Fair Queuing (WFQ) é o algoritmo base para o IntServ

Modelos de serviços

- Descrevem que tipo de serviço o usuário pode solicitar e que tipo de garantia de recurso a rede pode oferecer
- Modelos para o IntServ
 - Serviço garantido
 - Serviço de carga controlada

Especificação de fluxo

- Caracterização do tráfego e dos serviços desejados
- Caracterização do tráfego
 - Parâmetros:
 - Taxa de pico
 - Taxa média
 - Tamanho de burst
 - Algoritmo na IntServ: Token Bucket

Especificação de fluxo

- Caracterização da QoS
 - Banda mínima
 - Atraso
 - Jitter de atraso
 - Taxa de perda de pacotes

Serviço garantido

- Banda garantida
- Atraso de fila fim-a-fim máximo limitado
- Adequado para aplicações em tempo real sensíveis a atraso
- Aplicação especifica um descritor de tráfego (TSpec) e uma especificação de serviço (RSpec)

Descritores de tráfego

- Parâmetros do Token Bucket
 - Taxa de fichas (r) (bytes/segundo)
 - Taxa de pico (p) (bytes/segundo)
 - Profundidade do balde (b) (bytes)
 - Unidade policiada mínima (m) (bytes)
 - Tamanho máximo de pacote (M) (bytes)

Especificação do serviço

- Taxa de serviço (R) (bytes/segundo)
 - Banda requerida pelo serviço
- Termo de relaxamento (Slack Term - S) em μs
 - Atraso extra que um nó pode adicionar, sem violar o atraso fim-a-fim.
 - A existência deste atraso extra indica que existe banda sobrando (além da solicitada) em enlaces anteriores.

Serviço de carga controlada

- Não oferece garantia de banda ou atraso.
- Objetivo da rede é oferecer serviço similar ao de uma rede melhor esforço levemente carregada
 - Maior parte dos pacotes chega ao destino
 - Atraso dos pacotes é próximo do valor mínimo

Serviço de carga controlada

- Solicitação do serviço
 - Fonte descreve o perfil do tráfego (TSpec) através de parâmetros Token Bucket
 - Requisição só é aceita se a rede possui recursos disponíveis para escoar o tráfego sem que isto resulte em congestionamento

Resource Reservation Setup (RSVP)

- Protocolo de reserva de recursos utilizado pela IntServ
 - Os hosts utilizam o RSVP para informar os requisitos do serviço
 - Os roteadores utilizam o RSVP para estabelecer os estados de reserva ao longo do caminho.

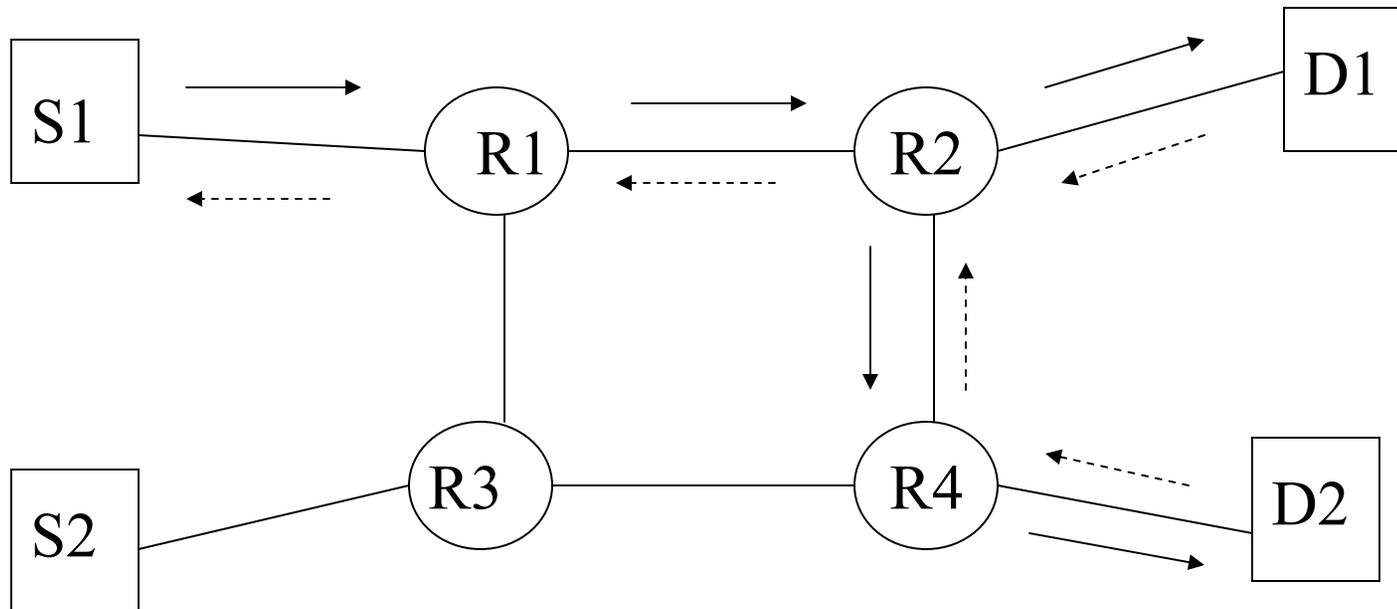
RSVP - características básicas

- Suporta unicast e multicast
- Reserva é unidirecional (simplex)
- Definição da reserva é feita pelo receptor
- Não inclui funções de roteamento
 - Utiliza o roteamento IP
- Opera com Soft State
- Possui vários estilos de reserva

Mensagens do RSVP

- PATH
- RESV
- PATHErr
- RESVErr
- PATHTear
- RESVTear
- RESVConf

Mensagens do RSVP



—————> Mensagem PATH
-----> Mensagem RESV

Mensagens PATH

- São enviadas à downstream e seguem o caminho normal, definido pelo roteamento.
- Instalam um path state em cada nó
 - Este estado contém o endereço do roteador anterior (upstream), de modo que a mensagem RESV possa ser encaminhada à fonte.
- Informam os receptores sobre as características do tráfego
- Passam adiante as características do caminho

Mensagem PATH - conteúdo

- Previous Hop (PHOP)
 - Endereço IP de quem está enviando a mensagem
- Sender Template
 - Identifica o fluxo associado à reserva
- Sender TSpec
 - Caracteriza o tráfego que será gerado pela fonte
- Adspec
 - Opcional; utilizado para transportar informações sobre o nível de recursos disponível ao longo do caminho

Mensagens RSVP

- Enviadas pelo receptor pelo mesmo caminho seguido pela mensagem PATH
- Contém o estilo de reserva solicitado, a especificação do fluxo (Flow Spec) e a especificação de filtro (Filter Spec), que define o fluxo que deve receber o nível de QoS solicitado
- O Flow Spec é composto de uma especificação de tráfego (TSpec) e de uma especificação de reserva (apenas no serviço garantido)

RSVP - formato das mensagens

Versão	Flags	Tipo de mensagem	RSVP checksum
Send TTL		Reservado	Comprimento RSVP

Cabeçalho comum

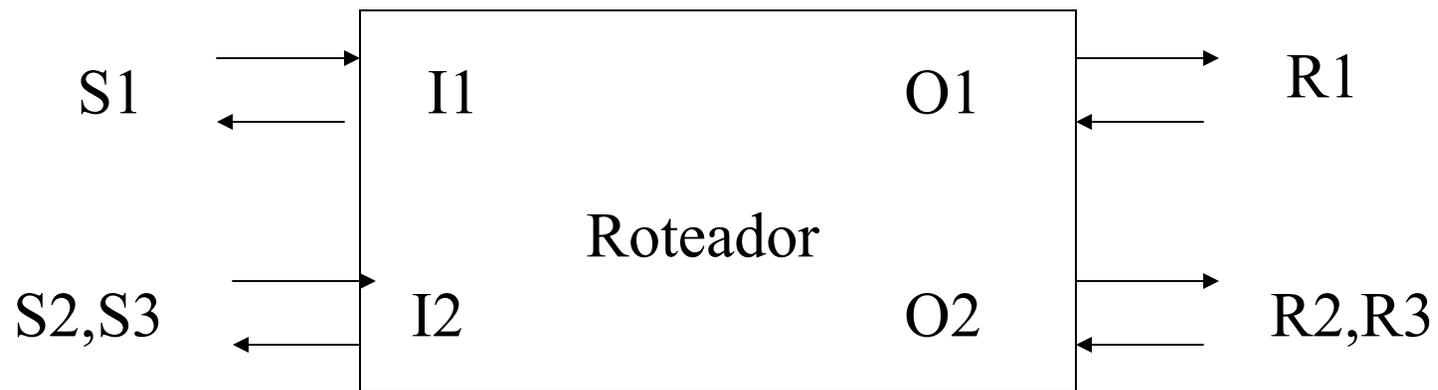
Comprimento	Número da classe	C type
Conteúdo do objeto (comprimento variável)		

Cabeçalho do objeto

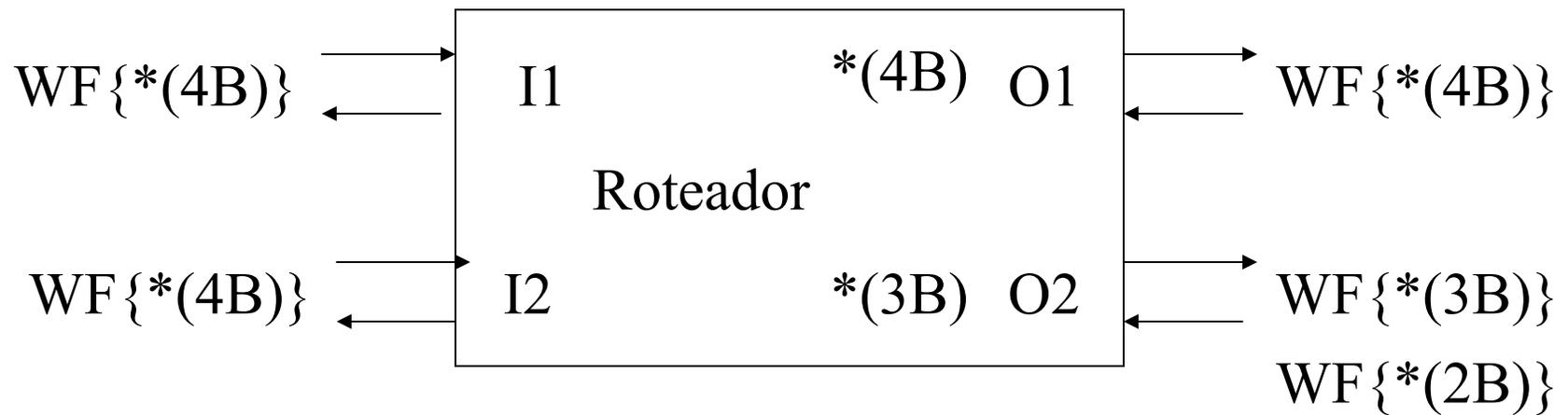
Estilos de reserva

- Wild-card filter (WF)
 - reserva compartilhada, sem controle do transmissor.
WF $\{*,(Q)\}$
- Fixed-filter (FF)
 - reservas distintas e seleção explícita do transmissor. FF
 $\{S1(Q1), S2(Q2), \dots, S_n(Q_n)\}$
- Shared explicit (SE)
 - reserva compartilhada e seleção explícita do transmissor. SE $\{S1, S2, \dots, S_n(Q)\}$

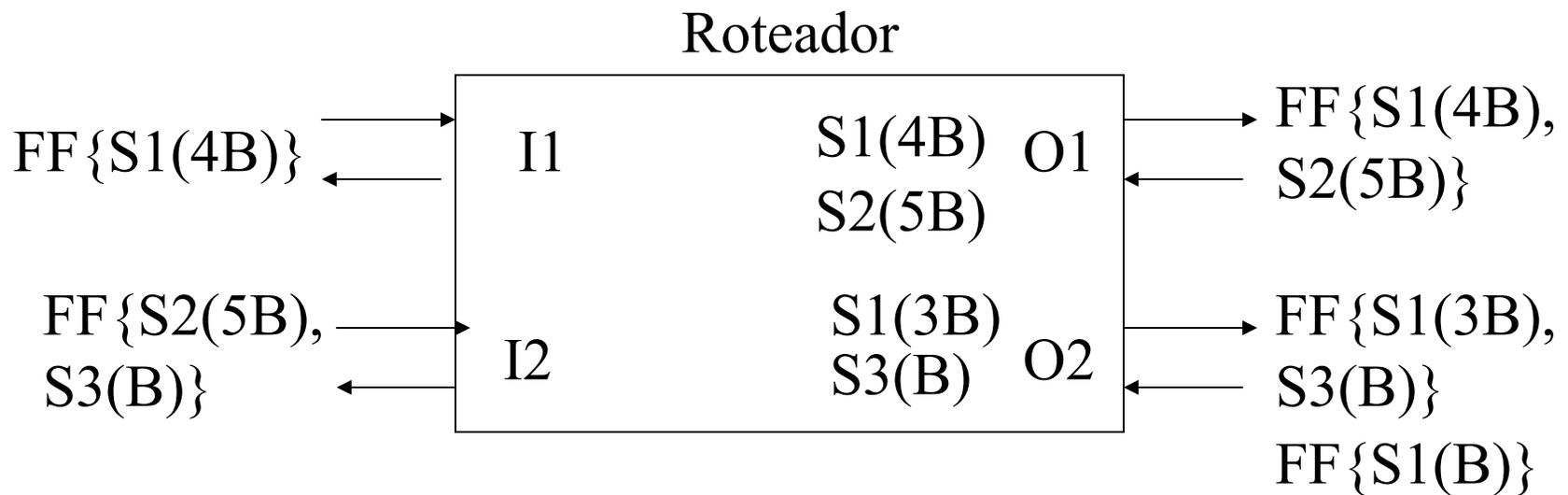
Estilos de reserva - exemplo



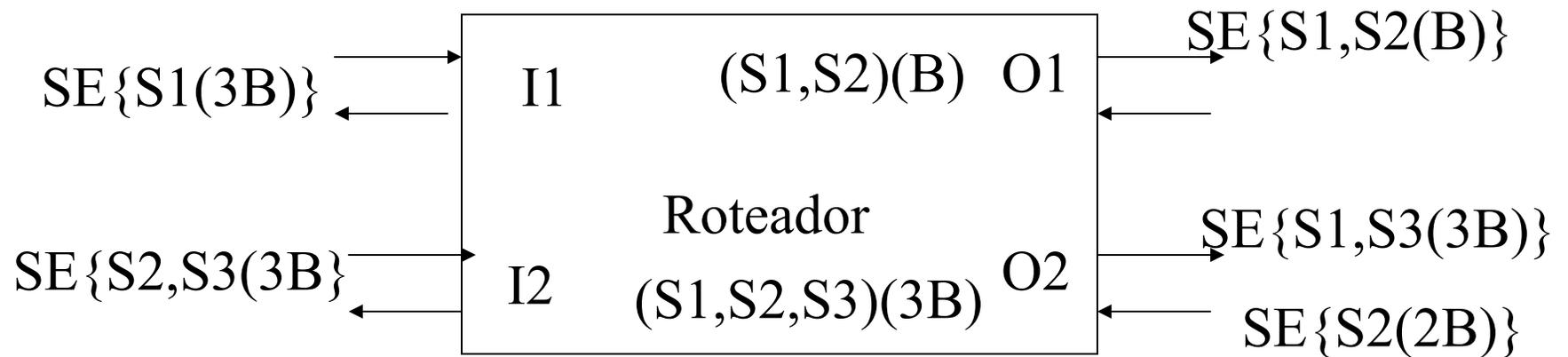
Exemplo - estilo WF



Exemplo - estilo FF



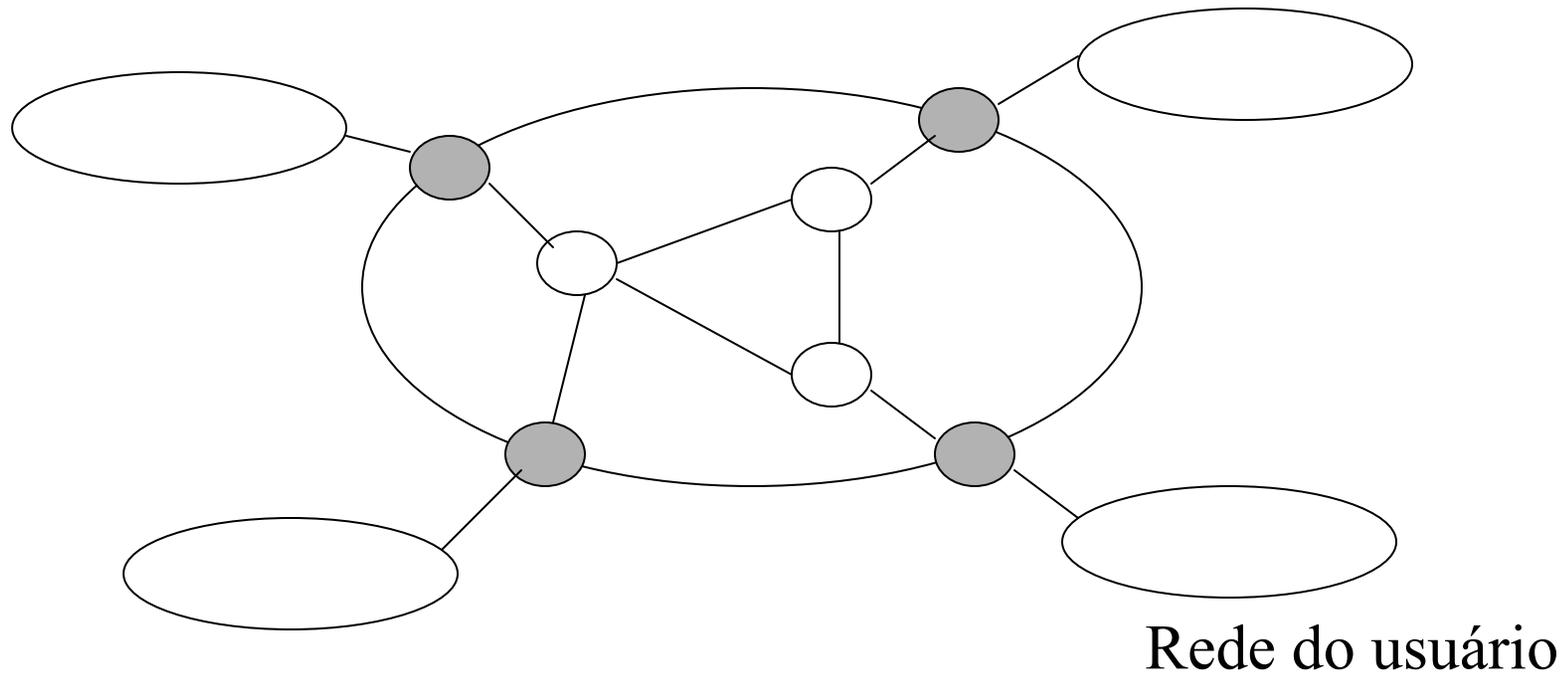
Exemplo - estilo SE



Arquitetura de serviços diferenciados - DiffServ

- Mais simples que IntServ
- Tráfego é dividido em classes de serviço ou classes de encaminhamento
 - A classe à qual o pacote pertence é definida no cabeçalho do pacote
 - Recursos são alocados para cada classe, e não para cada fluxo (como no IntServ)
 - Cada classe possui um tratamento de encaminhamento, em termos de prioridade de descarte e alocação de banda, pré-definido.

DiffServ - tipos de nós



- Nó interior ou de núcleo
- Nó de borda

DiffServ - princípios básicos

- Alocação de recursos para tráfego agregado, e não para fluxos individuais
- Policiamento de tráfego e classificação dos pacotes apenas na borda.
- Encaminhamento baseado na classe no núcleo

Per-Hop Behaviors (PHBs)

- O tratamento de encaminhamento associado a um pacote é descrito por um PHB.
 - Cada PHB é representado por um campo de 6 bits no cabeçalho do pacote, denominado Differentiated Services Codepoint (DSCP).
 - Todos os pacotes com o mesmo codepoint (behavior aggregate) recebem o mesmo tratamento de encaminhamento
 - Serviços fim-a-fim são oferecidos combinando-se PHBs com condicionamento de tráfego e provisionamento de recursos

Service Level Agreement - SLA

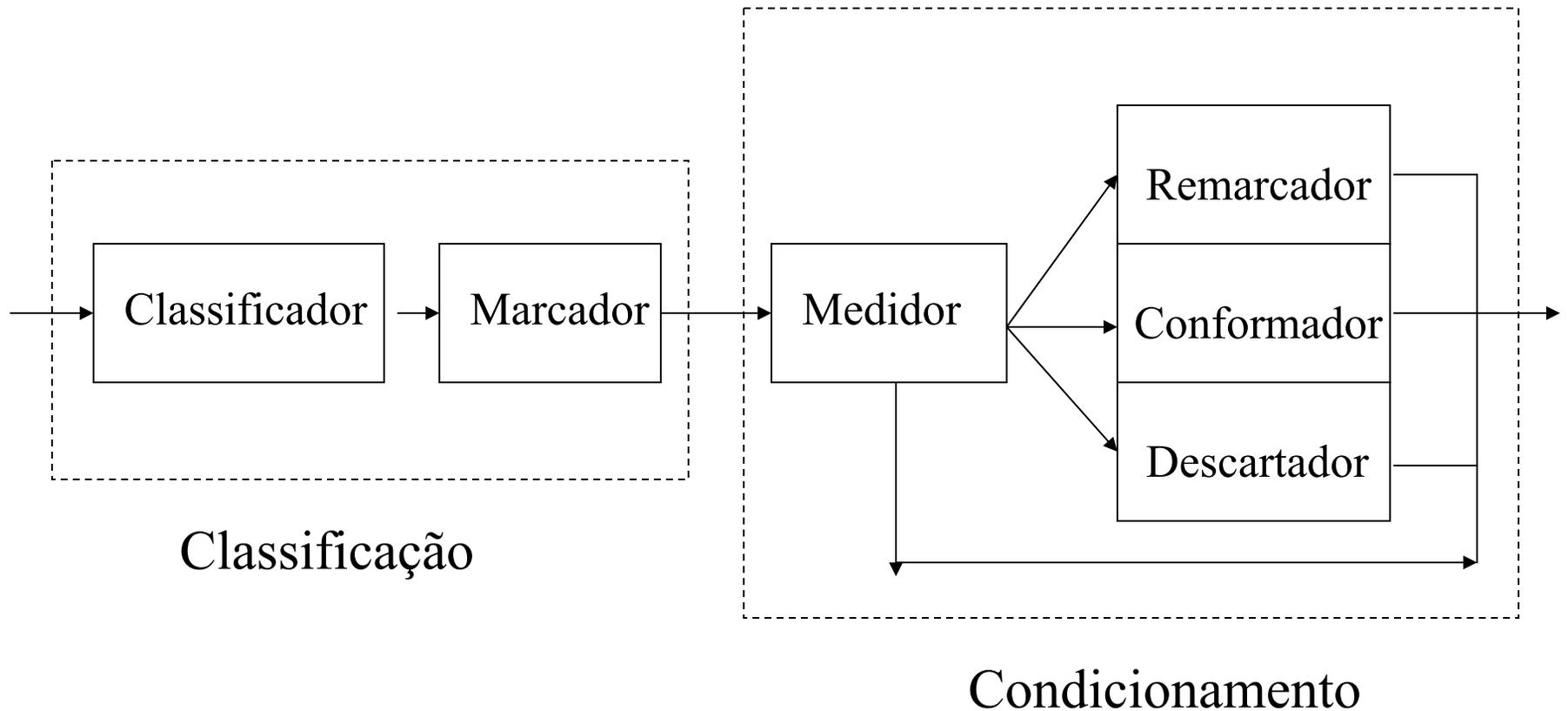
- Especifica os detalhes do serviço a ser oferecido para o usuário, sendo composto por um TCA, por características complementares do serviço e por aspectos negociais.
- Traffic Conditioning Agreement (TCA):
 - Define o comportamento do tráfego (ex.: token bucket), as métricas de desempenho (ex.: atraso, vazão, perda), as ações tomadas para o tráfego não-uniforme e serviços adicionais de formatação e marcação oferecidos pelo provedor de serviço.

Codepoint - codificação do PHB

- Redefine o campo ToS do cabeçalho IP.
- 6 bits do campo definem o PHB.



DiffServ - Arquitetura funcional



Classificação

- Seleciona os pacotes de acordo com regras prédefinidas.
 - Pode incluir a marcação do pacote com um codepoint particular
- Tipos de classificador
 - Behavior Aggregate (BA): baseia-se somente no DSCP do pacote
 - Multifield (MF): usa um ou mais campos do cabeçalho IP (endereços, números de porta, protocolo ID) para a classificação.

Condicionador

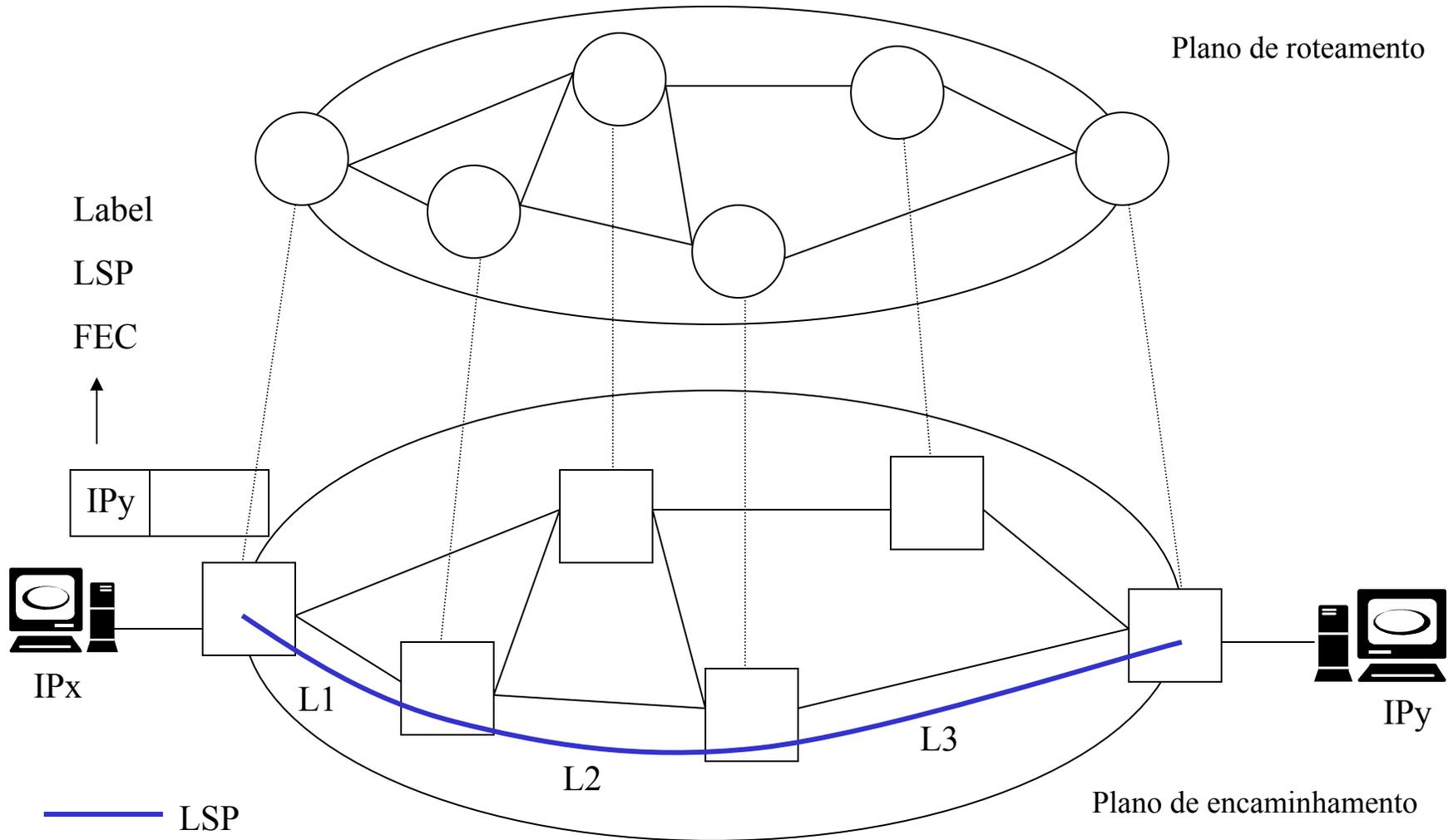
- Executa funções de policiamento de tráfego para garantir que o TCA entre cliente e provedor seja cumprido.
- Componentes
 - Medidor: monitora o tráfego para verificar sua conformidade com o TCA
 - Remarcador, conformador e descartador: agem sobre os pacotes considerados não-conforme

Multiprotocol Label Switching

MPLS

- Padrão emergente do IETF.
- Pacotes são encaminhados pela rede com base em um label, e não com base no endereço IP.

Princípio do MPLS



MPLS - Princípios

- Pacotes que chegam a um roteador de borda são analisados e associados a uma FEC (Forward Equivalence Class)
- Às FECs estão associados LSPs (Label Switched Path).
- Um label é acrescentado ao pacote, de acordo com o LSP ao qual ele está associado.
- Os pacotes são transferidos pela rede comutando-se com base no label, e não no endereço IP.

Formas de implementação do MPLS

- Solução de nível 3
 - O label é adicionado ao datagrama IP e utilizado como base para a comutação
- IP sobre Frame Relay
 - O label é o DLCI do cabeçalho Frame Relay, e o datagrama é transportado em quadro Frame Relay
- IP sobre ATM
 - O datagrama é transportado em células ATM e o label é composto pelos campos VPI/VCI da célula ATM.

IP sobre ATM com MPLS

- Mantém-se o hardware ATM
- Elimina-se o endereço ATM, a sinalização UNI e PNNI e o roteamento PNNI
- Utiliza-se o endereçamento e o roteamento IP.
- Utiliza-se um protocolo de distribuição de label para o estabelecimento do caminho

Componentes da rede MPLS

- Label Edge Router (LER)
 - Roteador na fronteira entre o mundo MPLS e o mundo não-MPLS.
- Label Switching Router (LSR)
 - Roteador no núcleo da rede MPLS.

Forward Equivalence Class - FEC

- Uma FEC é vista como um grupo de pacotes que podem ser encaminhados pela rede da mesma maneira.
- A FEC está associada a um LSP.
- A definição da FEC pode levar em conta parâmetros diversos. A forma mais simples é associar a FEC ao endereço de destino. Formas mais sofisticadas podem levar em conta o tipo de serviço, endereço da fonte, etc.

Definição da rota

- Roteamento hop-by-hop
 - O LSP é criado seguindo as definições do algoritmo de roteamento IP
 - Cada nó, independentemente, escolhe o próximo nó para cada FEC
- Roteamento explícito
 - O LSP é criado seguindo uma rota específica definida pelo LSR de ingresso (ou egresso) origem
 - Útil para engenharia de tráfego

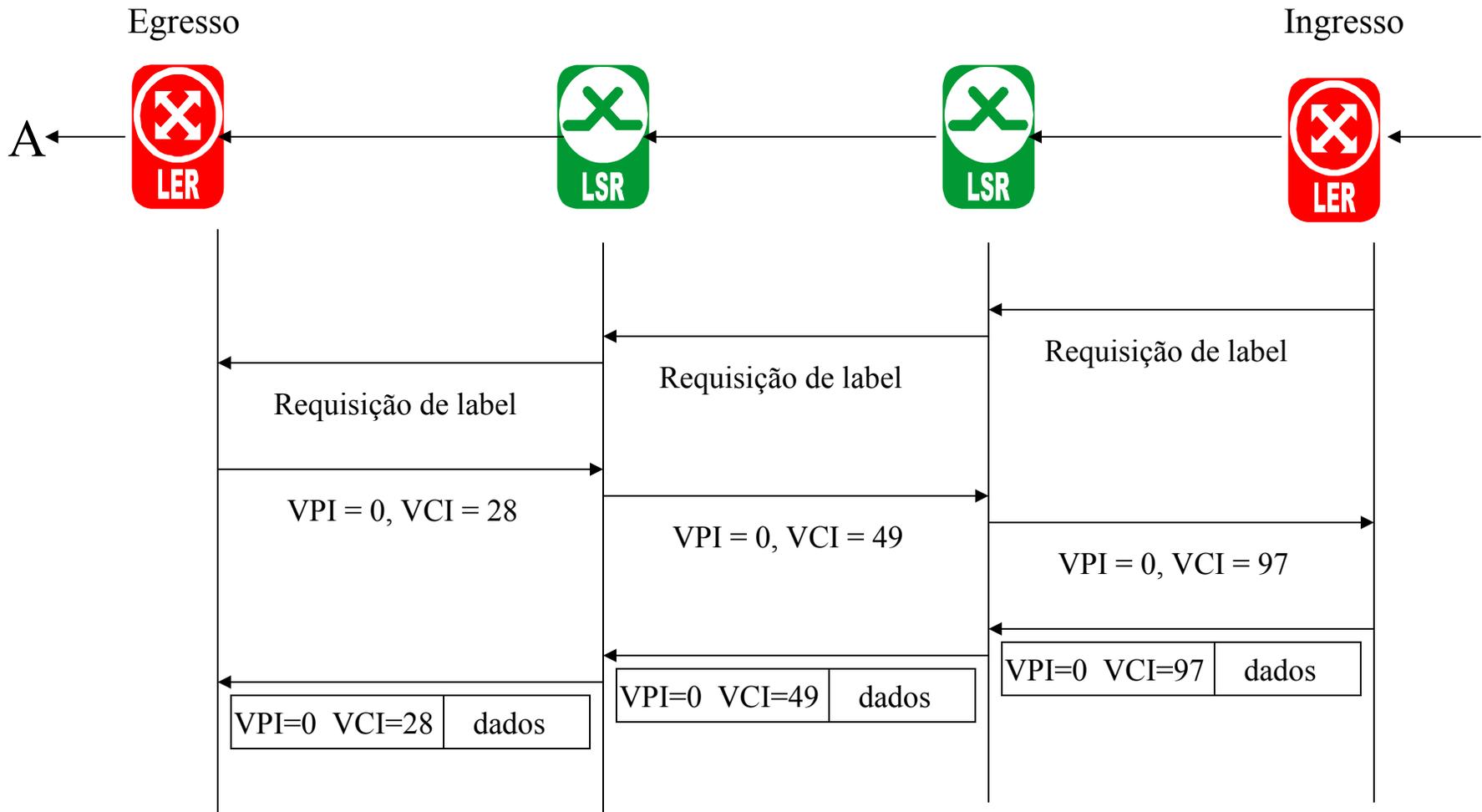
Estabelecimento do caminho

- Disparado por topologia (Topology driven)
 - Tráfego de controle proporcional ao número de destinos.
- Disparado por fluxo (Flow driven)
 - Tráfego de controle proporcional ao número de fluxos.
 - Pode não ser adequado para backbones

Alocação de label

- Downstream
 - Um LSR faz a distribuição de labels para LSRs que estejam a upstream, mesmo que os nós a upstream não tenham solicitado explicitamente.
- Downstream sob demanda
 - Um LSR solicita explicitamente a seu nó subsequente (downstream) que ele faça a associação de um rótulo para uma determinada FEC

Exemplo de operação Downstream sob demanda



Falha em um enlace da rede

- Detectada pelo roteamento ou pelo LDP, através de mensagens keep_alive.
- Todos os LSPs utilizando o enlace são derrubados.
- Rotas alternativas são estabelecidas através dos algoritmos de roteamento, culminando com a criação de outros LSPs.