

Protocolos em Redes de Dados

Aula 04 OSPF

©Luís Rodrigues

FCUL

2005-2006

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

- ▶ OSPF.
 - ▶ Arquitectura.
 - ▶ Base de dados de anúncios.
 - ▶ Relações de vizinhança.
 - ▶ Formato dos pacotes.
 - ▶ Inundação dos pacotes.
 - ▶ Suporte para diferentes tipos de redes.
 - ▶ Encaminhamento hierárquico no OSPF.
 - ▶ Gestão das rotas externas.
 - ▶ Outras facetas do OSPF.
- ▶ IS-IS.
- ▶ IGRP.
- ▶ EIGRP.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Motivação

- ▶ Substituir o RIP.
- ▶ Métricas mais ricas.
- ▶ Encaminhamento hierárquico.
- ▶ Separação de rotas internas e externas.
- ▶ Segurança.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Opções de concepção

- ▶ Melhor estabilidade usando um protocolo baseado no estado-dos-elos.
- ▶ Encapsulamento.
 - ▶ Protocolo que se executa sobre o IP.
- ▶ Mecanismos semelhantes sobre redes diferentes.
- ▶ Suporte a “encaminhador de substituição”
- ▶ Hierarquia.
 - ▶ Utilização de áreas.
 - ▶ Sumários de rotas (usando prefixos).

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

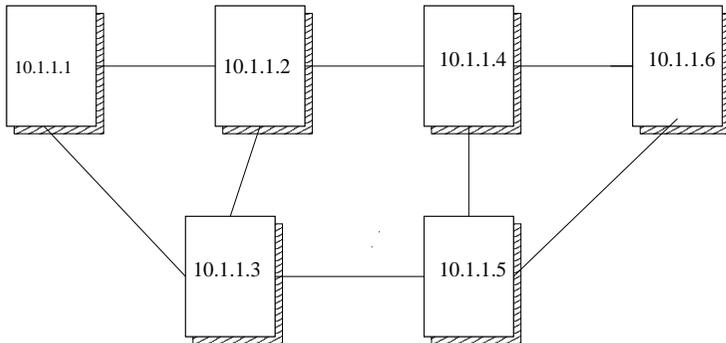
IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ Sofreu diversas alterações desde a versão inicial.
 - ▶ Diversas optimizações.
- ▶ Problemas com a primeira concretização:
 - ▶ Difícil apagar informação.
 - ▶ Problemas com a identificação dos anúncios.

Exemplo



Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Outros desenvolvimentos

- ▶ Suporte para CIDR.
- ▶ Suporte para novas redes.
 - ▶ frame relay (ponto para multi-ponto).
- ▶ Suporte para diferentes Tipos de Serviço:
 - ▶ Originalmente previsto, quase nunca concretizado, acabou por se tornar obsoleto.
- ▶ Suporte para difusão.
- ▶ Maior segurança.
- ▶ Suporte para IPv6.

Funcionamento em regime estável

- ▶ Os nós constroem uma base de dados, de conteúdo semelhante em todos os encaminhadores, com a topologia da rede.
- ▶ Calculam os caminhos mais curtos para cada um dos restantes nós.
- ▶ Nós que partilham um elo estabelecem relações de vizinhança.
- ▶ Trocam pacotes “Hello” para monitorizarem a actividade dos seus vizinhos.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Formação de adjacências

- ▶ Quando se recebe um “Hello”, acrescenta-se a origem à lista de vizinhos conhecidos nessa interface.
 - ▶ É feita previamente uma validação da configuração da interface (se ambos os nós estão na mesma área, usam a mesma máscara de rede, etc).
- ▶ Os pacotes “hello” indicam o identificador de todos os vizinhos conhecidos *nessa* interface.
- ▶ Se um nó vê o seu próprio identificador no “Hello” de um vizinho assume que existe uma ligação bi-direccional e que se pode formar uma adjacência.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Cabeçalho do pacote OSPF

Version	Type
Length	
Router ID	
Area ID	
Checksum	
Autype	
Authentication	

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Funcionamento perante falhas

- ▶ Um encaminhador detecta uma falha de um elo:
 - ▶ Através do gestor de dispositivo ou através da ausência de pacotes “Hello”.
- ▶ O encaminhador divulga esta informação usando um processo de inundação.
- ▶ Todos os encaminhadores recalculam os caminhos mais curtos, usando a informação actualizada.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Encaminhamento multi-rotas

- ▶ O facto de cada encaminhador ter a topologia da rede permite-lhe detectar com facilidade caminhos alternativos com um custo semelhante.
- ▶ Estes caminhos podem ser explorados pelo encaminhador usando estratégias diferentes:
 - ▶ Round robin.
 - ▶ Hash do endereço de origem.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ LSA: Link-State Advertisements: cabeçalho.

LS Age	
Options	LS Type
Link State ID	
Advertising Router	
LS Sequence Number	
Checksum	
Lenght	

Identificando instâncias

- ▶ Número de sequência:
 - ▶ Problema: o que é que acontece quando se esgota o espaço de endereçamento?
- ▶ Soluções:
 - ▶ Espaço circular: erros nos pacotes podem “baralhar” a numeração e impedir que se consigam distinguir os mais recentes.
 - ▶ Espaço tipo “lollipop”: atenua o problema anterior mas não o evita (usado no OSPFv-1)
 - ▶ Espaço linear com re-iniciação usado no OSPF (à taxa-máxima de uma actualização em cada 5s, o espaço só se esgota ao fim de 600 anos.

Identificando LSAs

- ▶ Tipo:
 - ▶ Existem diferentes tipos de anúncios que propagam diferente informação.
- ▶ Identificação:
 - ▶ Identificador do anúncio (exemplo: qual a rota anunciada).
- ▶ Fonte:
 - ▶ Quem esteve na origem do anúncio.
- ▶ Instância:
 - ▶ Permite perceber quais os anúncios mais recentes.

Verificando o conteúdo

- ▶ Soma de controlo:
 - ▶ É feita sobre o cabeçalho e conteúdo.
 - ▶ Pacotes adulterados são descartados na expectativa de serem posteriormente retransmitidos correctamente.
 - ▶ Cada encaminhador verifica periodicamente a integridade da sua base de dados, como mecanismo de protecção problemas na memória.
- ▶ O campo de “idade” não é controlado para poder ser alterado sem obrigar a re-calcular a soma de controlo.

Removendo LSAs

- ▶ Campo de idade:
 - ▶ Indica há quantos segundos o pacote foi originado.
- ▶ Um anúncio é descartado quando um anúncio mais recente é recebido.
- ▶ Os anúncios são renovados a cada 30s.
- ▶ Quando chega a uma idade máxima (60 unidades), é descartado.
 - ▶ É feita uma inundação do anúncio primeiro (com a idade máxima) para garantir que todos os encaminhadores vão descartar esse anúncio.

Outros campos

- ▶ Campo de opções:
 - ▶ Usados em alguns pacotes e para extensões específicas (como por exemplo o MOSPF).
- ▶ Comprimento:
 - ▶ Do cabeçalho e do campo de dados.

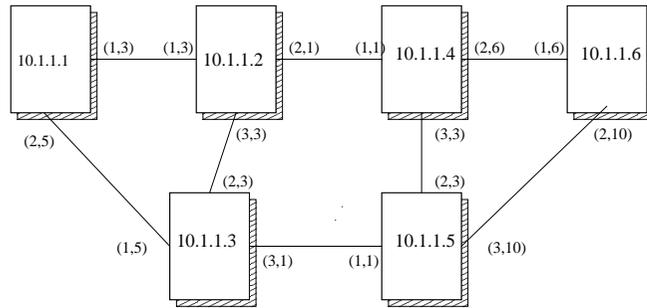
Removendo LSAs

- ▶ Para acelerar o envelhecimento para efeito de cálculo de rotas, um anúncio só é considerado válido se for confirmado por ambos os extremos do elo.
- ▶ Um encaminhador pode envelhecer prematuramente um anúncio (gerado por si), re-inundando-o com um campo de idade máximo.

Exemplo de anúncio: "Router-LSA"

- ▶ Usado para disseminar o estado de interfaces ponto-a-ponto.
- ▶ Indica quais os endereços dessas interfaces e quais os vizinhos.
- ▶ Cada interface é identificada por um índice e por um custo.
 - ▶ Na versão original previa-se a utilização de múltiplas métricas para diferentes TOS.
 - ▶ Nos ciscos, por omissão a métrica é uma função da largura de banda do elo ($10^8/BW$). Esta configuração base não é adequada para links muito rápidos (mais de 100Mbs), pelo que pode ser ajustada.

Exemplo (com custos)



Base de dados

- ▶ Conjunto de todos os anúncios recebidos.
 - ▶ Fornecem um mapa de toda a rede.
- ▶ Maneira simples de perceber se dois encaminhadores estão sincronizados:
 - ▶ Ver se o número de anúncios e a soma dos seus "checksums" são iguais.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Anúncios tipo "Router LSA"

LS Age	
Options	LS Type
Link State ID	
Advertising Router	
LS Sequence Number	
Checksum	
Length	
Router type	0
# links	3
Link ID (vizinho)	
Link Data	
Link Type	#TOS metrics
Metric	
Link Id	

0	
router-lsa	
10.1.1.1	
10.1.1.1	
0x80000006	
0x9b47	
60	
ordinary	0
3	
10.1.12	
1	
p-t-p	0
3	
Link Id	

Pacotes OSPF

- ▶ OSPF corre sobre o IP sem nenhum protocolo de transporte.
 - ▶ A razão principal para não usar UDP parece ter sido poupar 8 bytes no cabeçalho.
- ▶ Como os encaminhadores estão ligados directamente, o campo TTL é colocado a 1.
- ▶ São enviados para o IP do vizinho ou em difusão para todos os vizinhos de uma mesma rede.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Descoberta de parceiros

- ▶ A descoberta de vizinhos é feita enviando pacotes especializados, designados por pacotes “Hello”.
- ▶ Estes pacotes são enviados periodicamente, permitindo detectar falhas.
- ▶ Garante que o elo está a funcionar em modo bi-direccional.
- ▶ Permite a negociação do intervalo entre pacotes de “Hello”.

Sincronização das bases de dados

- ▶ Parte fundamental do protocolo:
 - ▶ Se vizinhos não possuírem informação coerente são gerados ciclos de encaminhamento.
- ▶ Sincronização inicial, quando dois vizinhos iniciam uma interacção.
- ▶ Actualizações, na forma de anúncios.

Sincronização inicial

- ▶ Solução simples mas ineficaz:
 - ▶ Esperar que os anúncios periódicos actualizem a base de dados: pode demorar muito tempo.
- ▶ Solução usada no OSPF:
 - ▶ Realizar uma cópia do conteúdo das bases de dados.

Troca das bases de dados

- ▶ Os vizinhos começam por trocar apenas os cabeçalhos dos anúncios contidos nas suas bases de dados.
 - ▶ Isto permite identificarem quais os mais recentes em cada extremo.
- ▶ Só são transferidos os anúncios completos em falta.
 - ▶ Sequência de pedidos de LSAs a inundações em resposta.
- ▶ Após este processo os vizinhos são declarados “totalmente adjacentes”.

Inundação fiável

- ▶ Um anúncio novo é colocado na base de dados, confirmada a sua recepção ao emissor, e re-enviado por todas as interfaces (excepto aquela por onde foi recebido).
 - ▶ As confirmações são atrasadas propositadamente, para agregar várias confirmações num único pacote IP.
- ▶ Um pacote não confirmado é retransmitido.
 - ▶ Anúncios cruzados são considerados como confirmações implícitas.

Robustez do mecanismo de inundação

- ▶ A inundação possui um elevado grau de redundância que mascara falhas de elos.
- ▶ Os anúncios são refrescados periodicamente.
- ▶ São usadas somas de controlo nos anúncios.
- ▶ Existe também um intervalo mínimo entre anúncios para evitar congestionar a rede.
 - ▶ Estes limites também se aplicam no processo de inundação.

Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação**
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

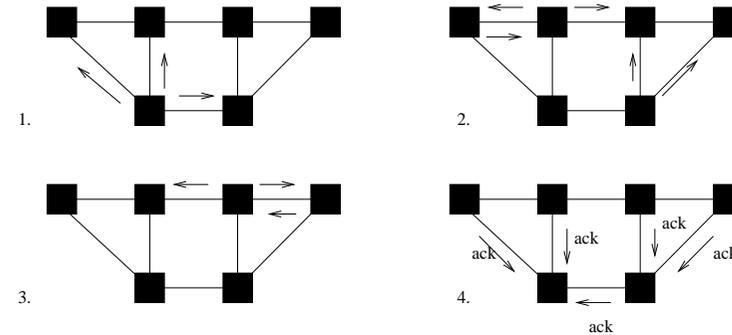
IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Inundação: ilustração



Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação**
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Cálculo da rotas

- ▶ Algoritmo de Dijkstra:
 - ▶ Escolhe o caminho mais curto entre o encaminhador e todos os outros encaminhadores.
- ▶ A partir deste caminho constrói-se uma tabela de encaminhamento que mantém o próximo vizinho para cada destino.

Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação**
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação**
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Adaptação ao tipo de rede

- ▶ OSPF comporta-se de modo diferente consoante o tipo de rede sobre a qual trabalha:
 - ▶ Descoberta de vizinhos.
 - ▶ Sincronização da base de dados.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

O Modelo de Subnet IP

- ▶ O OSPF pressupõe que o modelo de rede IP é preservado, o que nem sempre acontece na realidade.
 - ▶ Nós em redes diferentes não comunicam directamente.
 - ▶ Nós na mesma rede podem comunicar directamente.
 - ▶ Encaminhadores vizinhos partilham uma mesma rede.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Redes de difusão

- ▶ Redes com capacidade de difusão e difusão em grupo.
 - ▶ Estas propriedades são usadas para facilitar a configuração e a manutenção de relações de vizinhança.
- ▶ Mecanismos sugeridos no âmbito do protocolo IS-IS e adoptados pelo OSPF.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Descoberta e manutenção de vizinhos

- ▶ Cada encaminhador regista o endereço difusão AllSPFRouters.
- ▶ Cada encaminhador difunde periodicamente pacotes "Hello".
 - ▶ O pacote Hello indica quais os vizinhos conhecidos.
- ▶ Vantagens:
 - ▶ Descoberta automática, eficiência, isolamento (difusão selectiva).

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Difusão: Sincronização da Base de Dados

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento
histórico
Modo de operação
Manutenção dos
parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos
de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ Um dos encaminhadores é eleito “*Designated router*” .
 - ▶ Os restantes sincronizam-se com o “*Designated router*” .
 - ▶ “*Backup Designated Router*” para o caso do primeiro falhar.

Difusão: eleição do “*Designated router*”

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento
histórico
Modo de operação
Manutenção dos
parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos
de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ O primeiro é o “*Designated Router*” .
- ▶ O segundo o “*Backup Designated Router*” .
- ▶ Quando um falha, usa-se um parâmetro de configuração, designado por “*Router Priority*” , para eleger outro.

Difusão: Quando um encaminhador recebe uma nova rota

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento
histórico
Modo de operação
Manutenção dos
parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos
de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ Difunde um LSA para um endereço de difusão
AllDRouters:
 - ▶ Só os encaminhadores “*Designated router*” e “*Backup Designated router*” recebem o pacote.
 - ▶ Se o “*Backup*” não vê esta última actualização, assume o papel do “*Designated router*” .
 - ▶ O “*Designated router*” re-envia o pacote para AllSPFRouters.

Difusão: abstracção

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento
histórico
Modo de operação
Manutenção dos
parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos
de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ Numa rede em difusão todos os encaminhadores possuem rotas para os outros encaminhadores nessa rede (n^2 entradas de LSA).
- ▶ Usa-se uma entrada que representa a rede.
- ▶ Todos os nós têm conectividade para o “*encaminhador rede*” .
- ▶ O “*encaminhador-rede*” possui uma rota para todos os encaminhadores, a qual é desseminalada num anúncio dedicado (“*network-LSA*”).
 - ▶ Esta rota é enviada pelo “*Designated-Router*” .

Difusão: limitações

- ▶ A rede necessita de ser transitiva.
 - ▶ Isto é verdade em redes do tipo Ethernet.
 - ▶ Pode não ser aplicável a todos os tipos de redes que suportam difusão.

NBMA

- ▶ Sincronização da base de dados.
 - ▶ Semelhante às redes em difusão mas com comunicação ponto-a-ponto.
 - ▶ De um encaminhador para o encaminhador designado (e backup) e deste para todos os outros.
- ▶ Abstração.
 - ▶ Semelhante às redes em difusão.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sub-redes to tipo NBMA

- ▶ NBMA: NonBroadcast MultiAccess.
 - ▶ Redes que permitem a vários encaminhadores comunicar directamente mas que não suportam difusão.
- ▶ Descoberta e manutenção de vizinhos
 - ▶ Configuração manual nos potenciais “Designated routers”.
 - ▶ “Hello’s” trocados ponto-a-ponto entre o *Designated router* e o *Backup Designated Router*
 - ▶ “Hello’s” trocados ponto-a-ponto entre os restantes encaminhadores e os encaminhadores designados.

NBMA: limitações

- ▶ Se os encaminhadores não puderem comunicar directamente o modelo não se aplica.
 - ▶ Porque o encaminhamento é feito trocando pacotes directamente entre esses encaminhadores.
- ▶ Falhas na conectividade podem ser difíceis de detectar porque os anúncios seguem sempre pelos “Designated routers”.
 - ▶ É possível manter a base de dados coerente com indicação de conectividade sem esta existir de facto.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Redes do tipo Ponto-para-multiponto (P2MP)

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ Redes em que um pode falar com vários mas nem todos podem falar com todos.
 - ▶ ATM.
 - ▶ Frame Relay.
- ▶ O OSPF possui uma especialização para este tipo de redes, a qual permite colocar todos os encaminhadores na mesma rede (isto é, com endereços com o mesmo prefixo), apesar de estes não poderem comunicar directamente com todos os seus vizinhos.

Áreas OSPF

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ Suporta hierarquia em dois níveis.
- ▶ Rede dividida em áreas.
- ▶ Encaminhadores que comunicam com outras áreas são “area border routers”
- ▶ “Border routers” anunciam sumários que agregam redes com o mesmo prefixo.
- ▶ Vantagens adicionais:
 - ▶ Mais robustez, protecção de encaminhamento (rotas locais preferidas), esconde prefixos.

Encaminhamento Hierárquico

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ Redes muito grandes gastam recursos importantes:
 - ▶ Memória para armazenar a base de dados com o estado dos elo.
 - ▶ CPU para calcular os caminhos.
 - ▶ Largura de banda para anunciar estados.
- ▶ Encaminhamento hierárquico reduz o tamanho das tabelas.

Organização das áreas

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ Uma das áreas serve de “backbone” área:
 - ▶ Esta área possui sempre o Identificador 0.0.0.0.
- ▶ Os border-routers anunciam as rotas locais no “backbone”.
- ▶ Ao receberem as rotas remotas, escolhem a melhor.
- ▶ Difundem as rotas remotas na sua própria área.

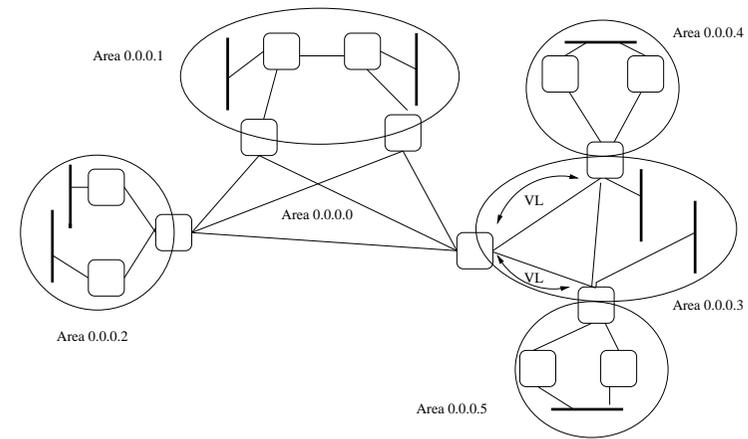
Elos virtuais

- ▶ Permitem ligar áreas ao “backbone” através de túneis sem obrigar a estabelecer um canal físico.
- ▶ Os anúncios são propagados para as outras áreas através do elo virtual.
- ▶ Os pacotes não necessitam de seguir o elo virtual se existir um caminho mais curto.

Difusão de rotas externas

- ▶ Usam-se anúncios “As-external-LSAs”.
- ▶ Cada “As-external-LSAs” anuncia um único prefixo.
- ▶ Quatro níveis de rotas:
 - ▶ 1-Intra-área routing.
 - ▶ 2-Inter-área routing.
 - ▶ 3-Métricas externas do tipo 1 (mesma ordem de grandeza, por exemplo RIP).
 - ▶ 4-Métricas externas do tipo 2 (resto do mundo, maior custo).
- ▶ As rotas externas são inundadas por todas as áreas.

Elos virtuais



Interacção com áreas

- ▶ As rotas externas são propagadas sem alteração:
 - ▶ Evita processamento adicional nas fronteiras.
 - ▶ Garante a coerência das rotas externas.
- ▶ Para serem processadas, os outros encaminhadores necessitam de saber qual a localização da fonte de rotas externas.
 - ▶ ASBR: Autonomous System Boundary Router.
 - ▶ ASBR-summary-LSA cumprem este papel (indicam a rota até ao encaminhador fronteira do SA que injectou a rota externa)).
 - ▶ As rotas externas podem constituir uma parte significativa da base de dados.

Atributo de rotas externas

- ▶ Quando routers BGP fazem trânsito, devem estabelecer ligações com todos os outros routers BGP usando IBGP:
 - ▶ Pode ser necessário grande número de ligações (existem maneiras de limitar este efeito).
- ▶ Pacotes “external-attribute-LSA” são usados para exportar os atributos das rotas BGP.
- ▶ Vários destinos podem partilhar as mesmas rotas.

TOS-Based Routing

- ▶ Opções suportados pelo IP:
 - ▶ Normal, Baixo custo, Máxima fiabilidade, Máximo débito, Mínima latência.
 - ▶ Métricas diferentes para cada elo.
 - ▶ Árvore de escoamento diferente para cada tipo de serviço.
- ▶ Funcionalidade prevista originalmente e concretizada nalguns sistemas mas pouco (ou nada) utilizada.
 - ▶ Acabou por ser retirada da norma.

Tipos de áreas OSPF

- ▶ Áreas com restrições para redes com menos capacidade.
- ▶ Áreas “stub”:
 - ▶ A base de dados é a mais pequena possível.
 - ▶ Rotas externas não são difundidas (caminhos externos são escolhidos por omissão).
 - ▶ Não suportam elos virtuais.
- ▶ NSSA (Not-so-stub-areas).
 - ▶ Exportam um número mínimo de rotas externas (tipicamente de uma sub-nuvem).
 - ▶ Usa-se um tipo de anúncio específico: evita-se a propagação para fora dessa área.

Coerência das configurações

- ▶ O cabeçalho do pacote “Hello” possui um campo de opções que é usado para os encaminhadores anunciarem a sua configuração:
 - ▶ Tipo de funcionalidade que suportam (TOS, difusão, etc).
 - ▶ Se a área está configurada como “stub” ou não.
- ▶ Os encaminhadores podem recusar adjacências se as configurações forem incompatíveis.
 - ▶ Por exemplo, se um encaminhador assume que área é uma “stub” área e o outro não.

Redes do tipo “demand circuit”

- ▶ Os vizinhos podem ser configurados de modo a não forçar actualizações periódicas a cada 30s.
- ▶ Dígitos “DoNotAge” evita o envelhecimento do anúncio.
- ▶ Permite manter a conectividade para uma nuvem remota.
- ▶ Só é eficiente se a área for “stub”.

IS-IS

- ▶ Intra-Domain Intermediate System to Intermediate System Routing Protocol.
- ▶ Protocolo interior baseado numa aproximação “estado-dos-elos” definido no âmbito do OSI.
- ▶ Funcionamento semelhante ao OSPF.
- ▶ Concretizações disponíveis antes de existirem no mercado produtos OSPF.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Suporte para “overflow” da base de dados

- ▶ Limita o tamanho da base de dados.
- ▶ Aplicam-se apenas às rotas externas.
- ▶ Ficam as rotas por omissão para o exterior.
- ▶ Definem-se limites para o número destas entradas.

IS-IS: encaminhamento integrado

- ▶ Adaptado para suportar IP.
- ▶ Com estas adaptações permite realizar o “encaminhamento-integrado”:
 - ▶ O mesmo protocolo é usado para suportar a utilização de diferentes tipos de redes (IP e CLNP).

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

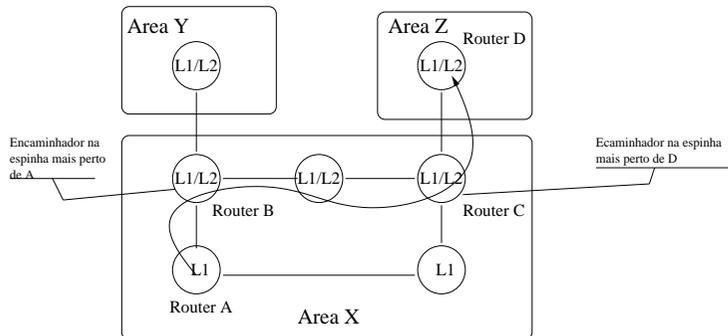
EIGRP

Resumo

► Sistema hierárquico:

- Cada IS possui um identificador único (que não varia com a área).
- Um endereço inclui o identificador da área e o identificador do IS.
- Conjunto de áreas (“nível-1”) interligadas por uma área-espinha (“nível-2”).
- As áreas devem estar ligadas à área-espinha (embora o possam fazer por um túnel, designado por *elo-virtual*).

Encaminhamento não-ótimo



Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

► Sistema hierárquico:

► Hierarquia estrita:

- Pacotes para fora da área são encaminhados para o encaminhador de nível-2 mais próximo.
- Uma área de nível-1 comporta-se como uma “stub-area” do OSPF.
- Na área-espinha, são encaminhados para o encaminhador de nível-2 mais próximo que pertença à área de destino.

Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

IS-IS: “Hello”

► IS trocam periodicamente pacotes “Hello”:

- Indicam se o encaminhador é de nível-1, nível-2 ou ambos.
- Contém a identificação das áreas às quais o encaminhador pertence.
- Indicam uma prioridade (para eleger um “encaminhador designado”).
- Contém um identificador da rede sobre a qual o anúncio é feito.

Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

IS-IS: adjacências

- ▶ O “encaminhador designado” lista as ligações da “rede” aos nós. Os restantes encaminhadores indicam apenas a sua ligação à rede.
- ▶ No mesmo elo podem formar-se dois níveis diferentes de adjacências:
 - ▶ Adjacências de nível-1 e de nível 2.

IGRP

- ▶ Interior Gateway Routing Protocol.
- ▶ Protocolo proprietário da *cisco* que expande a funcionalidade do RIP.
- ▶ O protocolo oferece:
 - ▶ Métricas compostas.
 - ▶ Suporte a rotas por omissão.
 - ▶ Não só a rota 0.0.0.0, mas qualquer endereço pode ser marcado como “rota por omissão”.
 - ▶ Detecção de ciclos.
 - ▶ Encaminhamento “multi-rota”.

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

IS-IS: Inundação

- ▶ Troca de anúncios por inundação.
- ▶ Troca de confirmações através de mensagens que indicam quais os números de sequência recebidos.
- ▶ Um anúncio é retransmitido até uma confirmação ser recebida de todos os vizinhos ou ser substituído por um anúncio mais recente.

IGRP: métricas compostas

$$M = \left(K_1 \text{bandwidth} + \frac{K_2 \text{bandwidth}}{256 - \text{load}} + K_3 \text{delay} \right) \frac{K_5}{\text{reliability} + K_4}$$

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

IGRP: Detecção de ciclos (quarentena)

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ Primeira versão usa um mecanismo designado por quarentena:
 - ▶ Quando um elo falha, não se aceitam rotas para esse elo durante um período de quarentena (muito lento, pode deixar uma máquina desligada por dois períodos = 3 minutos).

IGRP: Detecção de ciclos (envenenamento)

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ Segunda versão usa um mecanismo designado por “envenenamento da rota”:
 - ▶ Se a métrica para um vizinho sobe, o anúncio é descartado e deve ser reconfirmado no próximo período.
 - ▶ Se a rota para um destino passa pela interface X, quando se envia um anúncio por essa interface coloca-se o custo a infinito.

IGRP: encaminhamento “multi-rota”.

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ O IGRP guarda várias entradas na tabela para cada destino:
 - ▶ Se existem várias rotas com o mesmo custo, podem ser usadas para balancear a carga.
 - ▶ Permitem uma mais rápida recuperação de falhas.
 - ▶ Pode também ser configurado para fazer a distribuição de carga sobre caminhos de custo diferente.

EIGRP

Protocolos em
Redes de Dados

©Luís Rodrigues

Sumário

OSPF

Enquadramento histórico
Modo de operação
Manutenção dos parceiros
Inundação
Adaptação aos tipos de rede
Sub-redes
Áreas
Rotas externas
Tipos de áreas
Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

- ▶ “Enhanced” IGRP
 - ▶ Optimizações para reduzir o tráfego na rede.
 - ▶ Esquema melhorado de detecção de ciclos: o algoritmo DUAL (distributed update algorithm).

- ▶ Actualizações:
 - ▶ Estimuladas por alterações na rede.
 - ▶ Enviadas só para os nós que são afectados pela alteração.
 - ▶ Parciais: só se distribui a porção da tabela que foi alterada.
 - ▶ Difusão fiável das actualizações pelos vizinhos (troca explícita de confirmações).
- ▶ Descoberta e manutenção de vizinhança:
 - ▶ Troca periódica de pacotes "Hello".

Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Algoritmo DUAL (cont)

- ▶ Caso contrário, "congela" actualizações para j , calcula $d'(i, j) = l(i, x) + d'(x, j)$ e pergunta a todos os vizinhos (excepto x) qual o custo após a aplicação de $d'(i, j)$.
 - ▶ Intuição: assegura que esses nós também actualizam os seus custos.
 - ▶ Enquanto a rota está congelada responde com $d'(i, j)$.
- ▶ A rota é "descongelada" após se receber a resposta de todos os vizinhos.

Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Algoritmo DUAL

- ▶ Seja cada custo na tabela de encaminhamento do nó i representado por $d(i, j) = l(i, x) + d(x, j)$.
- ▶ Quando um nó recebe uma actualização $d'(x, j)$.
- ▶ Se x faz parte do caminho para j , e o custo aumenta, procura outro vizinho $k : d(k, j) < d(i, j)$.
- ▶ Se k existe, adopta k .
 - ▶ Nota: esta condição assegura que a rota de k para j não passa por i !
- ▶ Caso contrário: próximo acetato.

Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

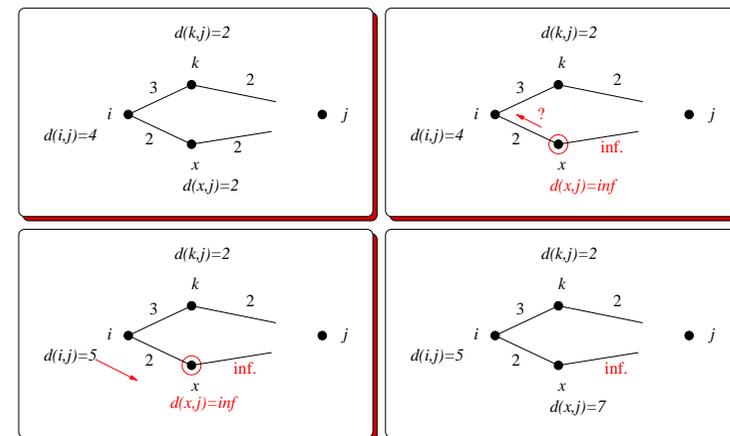
IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Algoritmo DUAL: exemplo 1



Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Algoritmo DUAL: exemplo 2

Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Sumário

OSPF

- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo

Algoritmo DUAL: exemplo 3

Sumário

OSPF

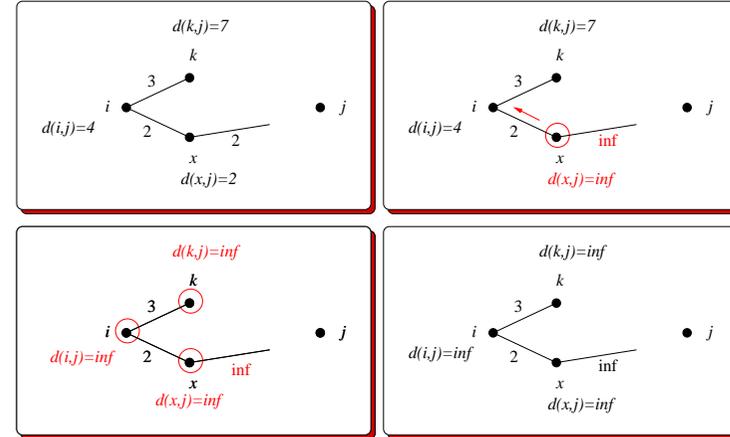
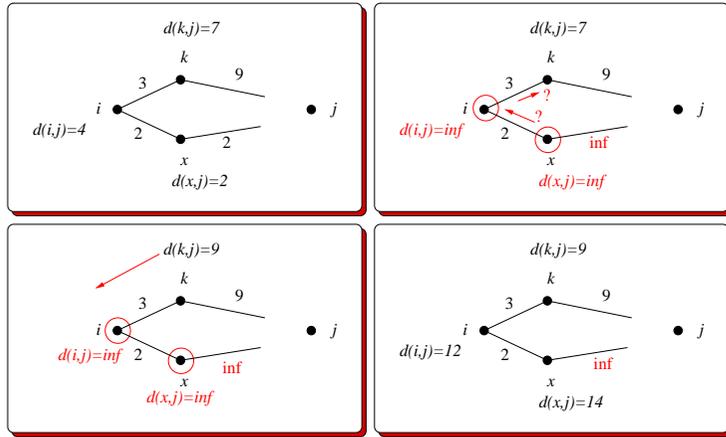
- Enquadramento histórico
- Modo de operação
- Manutenção dos parceiros
- Inundação
- Adaptação aos tipos de rede
- Sub-redes
- Áreas
- Rotas externas
- Tipos de áreas
- Miscelânea

IS-IS

IGRP

EIGRP

Resumo



Resumo

- ▶ OSPF.
 - ▶ Mecanismos básicos usados no OSPF.
 - ▶ Formatos de pacotes.
 - ▶ Tipos de redes.
 - ▶ Encaminhamento hierárquico.
 - ▶ Rotas externas.
 - ▶ Suporte para vários tipos de serviço.
- ▶ IS-IS.
- ▶ IGRP e EIGRP.