



Laboratório de Pesquisa em Redes e Multimídia

O Protocolo OSPF

Prof. José Gonçalves

Departamento de Informática – UFES

zgonc@inf.ufes.br



Universidade Federal do Espírito Santo
Departamento de Informática

OSPF – Open Shortest Path First

- O protocolo OSPF, definido na RFC 2328, é um protocolo IGP (*Interior Gateway Protocol*), ou seja, projetado para uso intra-As (Sistema Autônomo).
- O OSPF foi desenvolvido para atender às necessidades colocadas pela comunidade Internet, que demandava um protocolo IGP eficiente, não-proprietário e inter-operável com outros protocolos de roteamento.
 - A natureza aberta (“*open*”) do OSPF significa que ele pode ser implementado por qualquer fabricante, sem pagamento de licença, de modo a ser utilizado por todos.
- O OSPF baseia-se na tecnologia “*link-state*”, bem diferente e mais avançada que a usada em protocolos puramente vetoriais, como o RIP, que utiliza o algoritmo Bellman-Ford para cálculo da melhor rota.

RIP x OSPF

- Como visto, o RIP (versão 1) possui certas características que o tornam bastante limitado para aplicação em redes mais complexas, tais como:
 - Limite de 15 saltos (roteadores) até a rede destino
 - Não oferece suporte a VLSM
 - Não suporta autenticação
 - Adota o procedimento de enviar *broadcasts* periódicos contendo a totalidade da tabela de roteamento para a rede. Em redes de grande porte, especialmente em redes com *links* WAN mais limitados, isso pode gerar um consumo excessivo de largura de banda e causar problemas mais sérios
 - O processo de convergência de uma rede rodando RIP é mais lento e ineficiente do que redes rodando OSPF

RIP x OSPF (cont.)

- O RIP não leva em consideração dados como custo dos *links* ou atrasos na rede, baseando-se exclusivamente na contagem de saltos para definição da melhor rota.
- Redes baseadas no protocolo RIP são redes planas. Não existe o conceito de fronteiras, ou áreas. A introdução de redes *classless* e de conceitos como *agregation* e *sumarização* tornam redes RIP bastante ultrapassadas, já que não são compatíveis com tais conceitos.
- Algumas limitações, como o não-suporte a VLSM, autenticação e anúncios *multicast*, foram amenizadas com a introdução da versão 2 do protocolo RIP (RIPv2). Entretanto, o restante das limitações permaneceram inalteradas.

Benefícios do OSPF

- O OSPF resolve todas as limitações anteriores:
 - Não existe limite de saltos
 - Suporta VLSM
 - Utiliza anúncios *multicast* e as atualizações apenas são disparadas quando existe alguma alteração na rede (anúncios incrementais)
 - Redes OSPF convergem mais eficientemente do que redes RIP
 - Permite a implementação de hierarquia às redes, por meio das áreas. Isso facilita o planejamento da rede, assim como tarefas de agregação e sumarização de rotas.
 - Permite a transferência e marcações de rotas externas, injetadas em um ASN (Sistema Autônomo). Isso permite que se rastreie rotas injetadas por protocolos EGP, como o BGP.
 - Permite um meio mais eficaz de balanceamento de carga

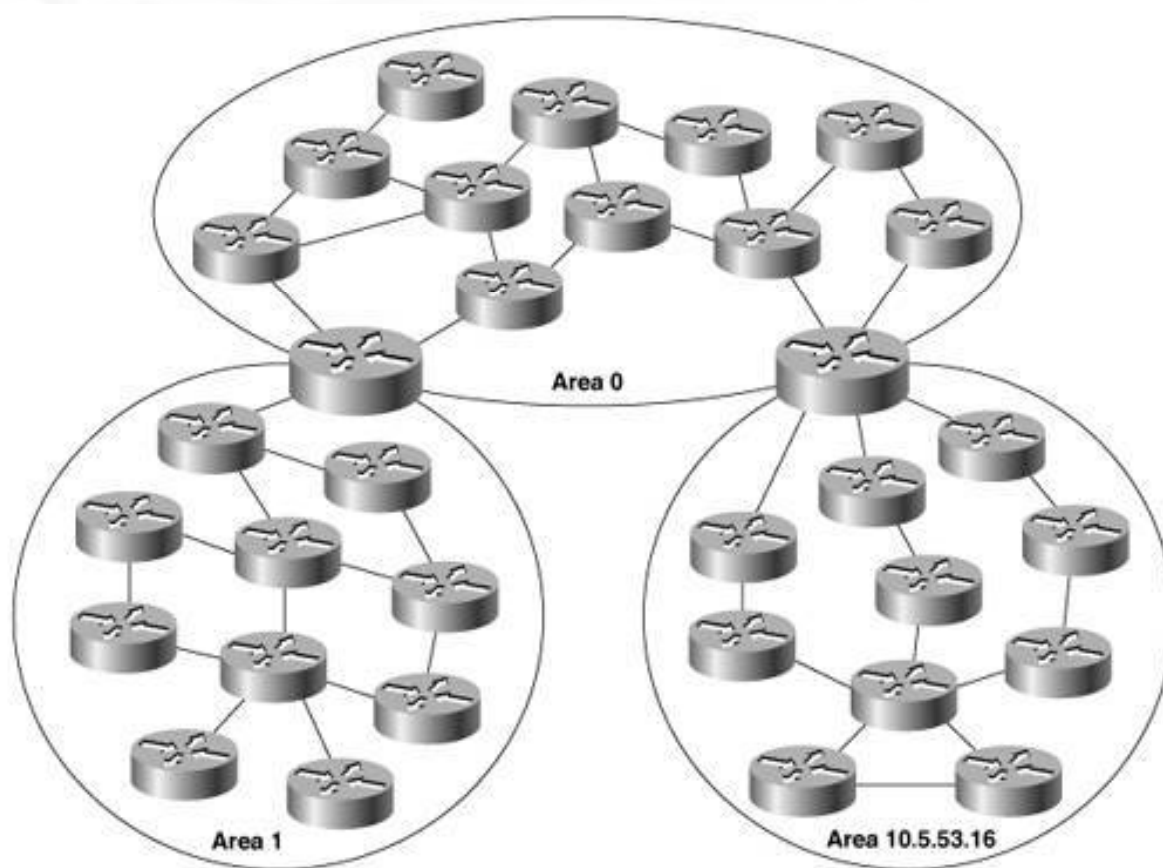
Benefícios do OSPF (cont.)

- O OSPF permite a divisão de uma rede em áreas e torna possível o roteamento dentro de cada área e através das áreas, usando os chamados roteadores de borda. Com isso, usando o OSPF, é possível criar redes hierárquicas de grande porte, sem que seja necessário que cada roteador tenha uma tabela de roteamento gigantesca, com rotas para todas as redes, como seria necessário no caso do RIP. Em outras palavras, o OSPF foi projetado para intercambiar informações de roteamento em uma interconexão de redes de tamanho grande ou muito grande, como a Internet.
- O OSPF é eficiente em vários aspectos. Ele requer pouquíssima sobrecarga de rede mesmo em interconexões de redes muito grandes, pois os roteadores OSPF trocam informações *somente sobre as rotas que sofreram alterações* e não toda a tabela de roteamento, como é feito com o uso do RIP.
- Entretanto, o OSPF é mais complexo de ser planejado, configurado e administrado, se comparado com RIP. Além disso, processos OSPF consomem mais CPU que processos RIP, uma vez que o algoritmo e a estrutura utilizados pelo OSPF são muito mais complexos.

Áreas

- No contexto do OSPF, uma área é um agrupamento lógico de roteadores OSPF e links, que efetivamente dividem um domínio OSPF (AS – Autonomous System) em sub-domínios.
- A divisão em áreas reduz o número de LSA's (Link-State Advertisements) e outros tráfegos de overhead enviados pela rede, além de reduzir o tamanho da base de dados topológica que cada roteador deve manter.
- Os roteadores de uma área não tem conhecimento da topologia fora dela. Devido a esta condição:
 - Um roteador deve compartilhar uma base de estados de links (link-state database) apenas com roteadores de dentro da sua área e não com todo o domínio OSPF. O tamanho reduzido do banco de dados tem impacto na memória do roteador;
 - Uma menor base de dados implica em menos LSA's para processar e, portanto, menos impacto na CPU;
 - Como a base de dados deve ser mantida apenas dentro da área, o flooding é limitado à esta área.

Áreas (cont.)



Area ID

- Áreas são identificadas por um número de 32 bits. A Area ID pode ser expressa tanto como um número decimal simples como por um "*dotted decimal*". Os dois formatos são usados nos roteadores Cisco.
 - Área 0 = área 0.0.0.0
 - Área 16 = área 0.0.0.16
 - Área 271 = área 0.0.1.15
 - Área 3232243229 = área 192.168.30.29
- A área 0 está reservada para o *backbone*. O backbone é responsável por sumarizar as topologias de cada área para todas as outras áreas. Por esta razão, todo o tráfego entre áreas deve passar pelo backbone. Áreas não-backbone não podem trocar tráfego diretamente.

A Área 0

- O protocolo OSPF possui algumas restrições quando mais de uma área é configurada. Se apenas uma área existe, esta área é SEMPRE a área 0 que, como visto, é chamada de "*backbone area*".
- Quando múltiplas áreas existem, uma destas áreas tem que ser a área 0. Uma das boas práticas ao se desenhar redes com o protocolo OSPF é começar pela área 0 e expandir a rede criando outras áreas (ou segmentando a área 0).
- A área 0 deve ser o centro lógico da rede, ou seja, todas as outras áreas devem ter uma conexão física com o *backbone* (área 0). O motivo disso é que OSPF espera que todas as áreas encaminhem informações de roteamento para o *backbone*, e este, por sua vez, se encarrega de disseminar estas informações para as outras áreas.

Tamanho da Área

- Regra geral: entre 30 to 200 roteadores. Entretanto, mais importante do que o número de roteadores são outros fatores, como o número de *links* dentro da área, a estabilidade da topologia, a memória e a capacidade de processamento dos roteadores, o uso de sumarização, etc.
- Devido a esses fatores, 25 roteadores pode ser muito para algumas áreas e outras podem perfeitamente acomodar 500 roteadores ou mais.
- É perfeitamente razoável projetar uma pequena rede OSPF com apenas uma área. Independentemente do número de áreas, um potencial problema ocorre quando a área está tão pouco populada que não existe redundância de links nela. Se esta área se tornar particionada (vide adiante) interrupções de serviços podem ocorrer.

Habilitando o OSPF

- Habilitar o OSPF em um roteador envolve dois passos em modo de configuração:

- 1. Habilitar um processo OSPF:

router ospf <process-id>

- 2. Atribuir áreas às interfaces:

<network or IP address> <mask> <area-id>

O parâmetro "network" define quais interfaces devem ter o processo OSPF ativado

Habilitando o OSPF (cont.)

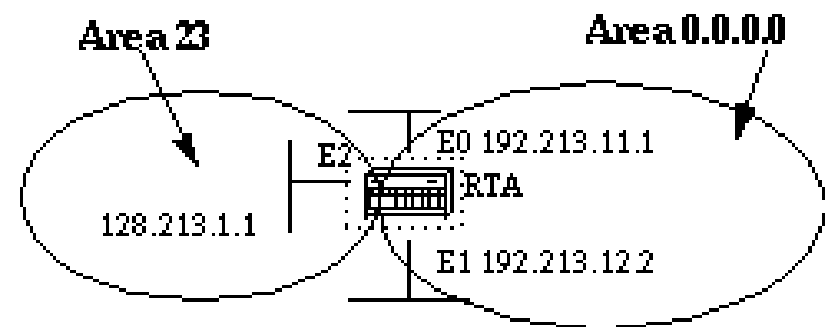
RTA#

```
interface Ethernet0  
ip address 192.213.11.1 255.255.255.0
```

```
interface Ethernet1  
ip address 192.213.12.2 255.255.255.0
```

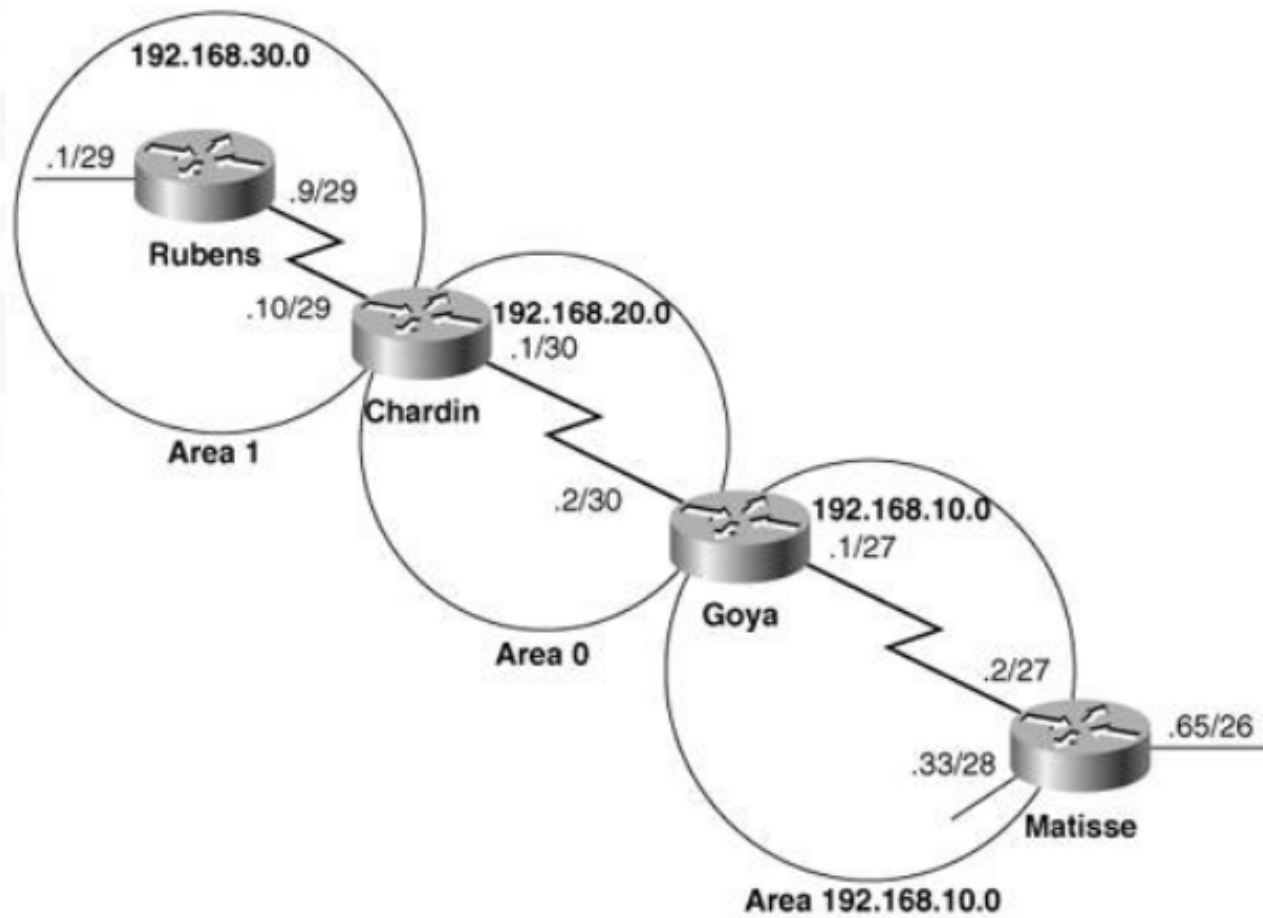
```
interface Ethernet2  
ip address 128.213.1.1 255.255.255.0
```

```
router ospf 100  
network 192.213.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0  
network 128.213.1.1 0.0.0.0 area 23
```



- O primeiro comando coloca as duas interfaces E0 e E1 na mesma área 0.0.0.0
- O segundo comando coloca E2 na área 23. A máscara 0.0.0.0 indica "full match" com um endereço IP (ou seja, um match com um endereço individual de interface).

Habilitando o OSPF (cont.)



Habilitando o OSPF (cont.)

Rubens's OSPF network area configuration

```
router ospf 10
 network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 1
```

Chardin's OSPF network area configuration

```
router ospf 20
 network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 1
 network 192.168.20.0 0.0.0.255 area 0
```

Goya's OSPF network area configuration

```
router ospf 30
 network 192.168.20.0 0.0.0.3 area 0.0.0.0
 network 192.168.10.0 0.0.0.31 area 192.168.10.0
```

Matise's OSPF network area configuration

```
router ospf 40
 network 192.168.10.2 0.0.0.0 area 192.168.10.0
 network 192.168.10.33 0.0.0.0 area 192.168.10.0
```

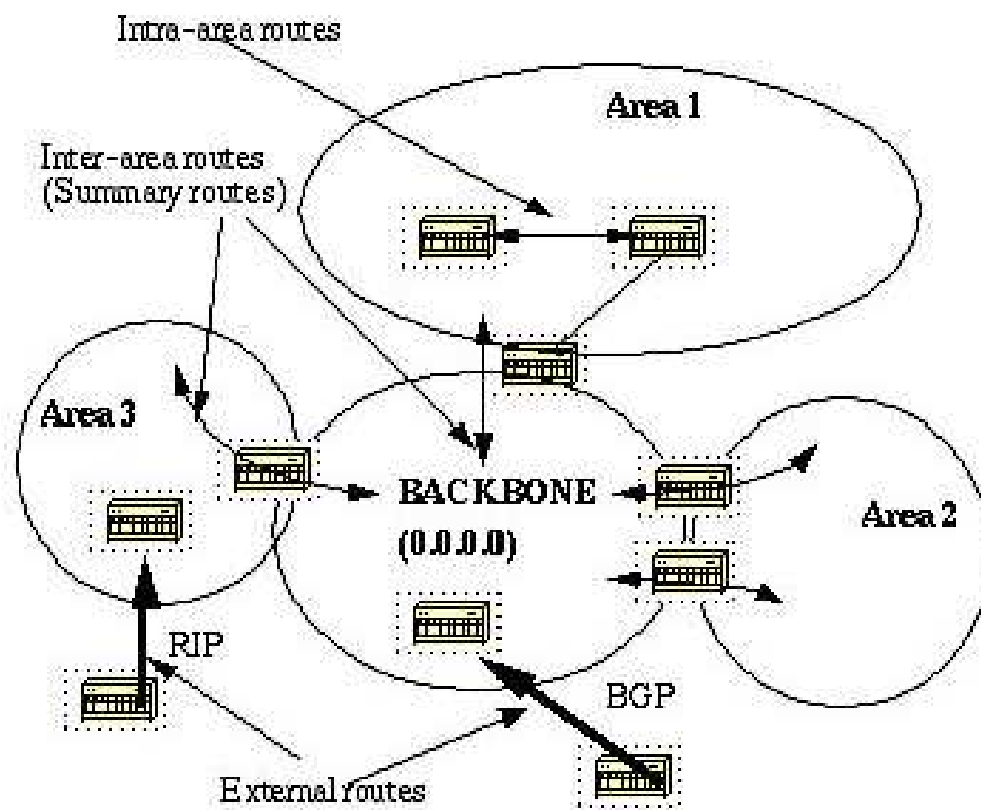

Habilitando o OSPF (cont.)

- The next thing to notice is the format of the network area command. Following the network portion is an IP address and an inverse mask. When the OSPF process first becomes active, it will "run" the IP addresses of all active interfaces against the (address, inverse mask) pair of the first network statement. All interfaces that match will be assigned to the area specified by the area portion of the command. The process will then run the addresses of any interfaces that did not match the first network statement against the second network statement. The process of running IP addresses against network statements continues until all interfaces have been matched or until all network statements have been used. It is important to note that this process is consecutive, beginning with the first network statement. As a result, the order of the statements can be important, as is shown in the troubleshooting section.
- Rubens's network statement will match all interfaces on the router. The address 0.0.0.0 is really just a placeholder; the inverse mask of 255.255.255.255 is the element that does all of the work here. With "don't care" bits placed across the entire four octets, the mask will find a match with any address and place the corresponding interface into area 1. This method provides the least precision in controlling which interfaces will run OSPF.
- Chardin is an ABR between area 1 and area 0. This fact is reflected in its network statements. Here the (address, inverse mask) pairs will place any interface that is connected to any subnet of major network 192.168.30.0 in area 1 and any interface that is connected to any subnet of major network 192.168.20.0 in the backbone area.
- Goya is also an ABR. Here the (address, inverse mask) pairs will match only the specific subnets configured on the two interfaces. Notice also that the backbone area is specified in dotted decimal. Both this format and the decimal format used at Chardin will cause the associated area fields of the OSPF packets to be 0x00000000, so they are compatible.
- Matisse has one interface, 192.168.10.65/26, which is not running OSPF. The network statements for this router are configured to the individual interface addresses, and the inverse mask indicates that all 32 bits must match exactly. This method provides the most precise control over which interfaces will run OSPF.
- Finally, note that although Matisse's interface 192.168.10.65/26 is not running OSPF, that address is numerically the highest on the router. As a result, Matisse's Router ID is 192.168.10.65 ([Example 8-23](#)).

Tipos de Tráfego

- Três tipos de tráfego podem ser definidos em relação às áreas:
 - *Intra-area traffic*: consiste de pacotes que são passados entre roteadores de dentro de uma mesma área.
 - *Inter-area traffic*: consiste de pacotes que são passados entre roteadores de diferentes áreas.
 - *External traffic*: consiste de pacotes que são passados entre um roteador de dentro de um domínio OSPF e um roteador de um outro domínio OSPF.

Tipos de Tráfego (cont.)



Tipos de Tráfego (cont.)

- Informações sobre rotas que são geradas e utilizadas dentro de uma mesma área são chamadas de "*intra-area routes*", e são precedidas pela letra "*O*" na tabela de roteamento.
- Rotas que são originadas em outras áreas são chamadas de "*inter-area routes*", ou "*summary-routes*". Estas são precedidas por "*O IA*", na tabela de roteamento.
- Rotas originadas por outros protocolos de roteamento e redistribuídas em uma rede OSPF são conhecidas por "*external-routes*". Estas são precedidas pelas letras "*O E1*" ou "*O E2*", na tabela de roteamento.
- Quando temos múltiplas rotas para um mesmo destino, o critério de desempate em uma rede OSPF obedece a seguinte ordem: *intra-area*, *inter-area*, *external E1*, *external E2*.

Tipos de Tráfego (cont.)

RTE#show ip route

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

Gateway of last resort is not set

```
203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
C      203.250.15.0 is directly connected, Serial0
O IA   203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:06:31, Serial0
       128.213.0.0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O E2   128.213.64.0 255.255.192.0
       [110/10] via 203.250.15.1, 00:00:29, Serial0
O IA   128.213.63.0 255.255.255.252
       [110/84] via 203.250.15.1, 00:03:57, Serial0
       131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets
O      131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:10, Serial0
```

RTE aprendeu as rotas *inter-area* (O IA) 203.250.14.0 e 128.213.63.0, a rota *intra-area* (O) 131.108.79.208 e a rota externa "*external route*" (O E2) 128.213.64.0.

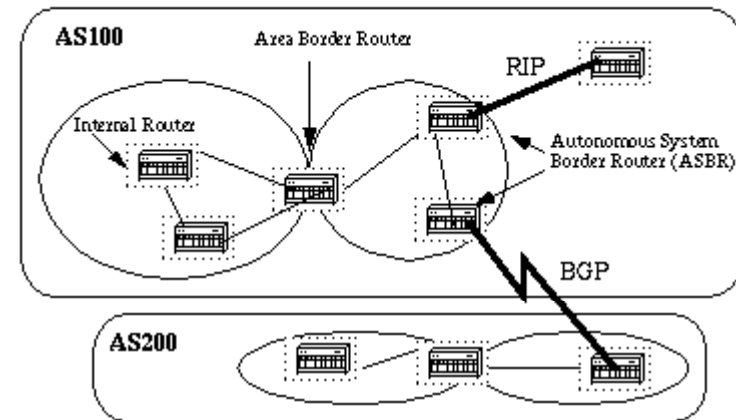
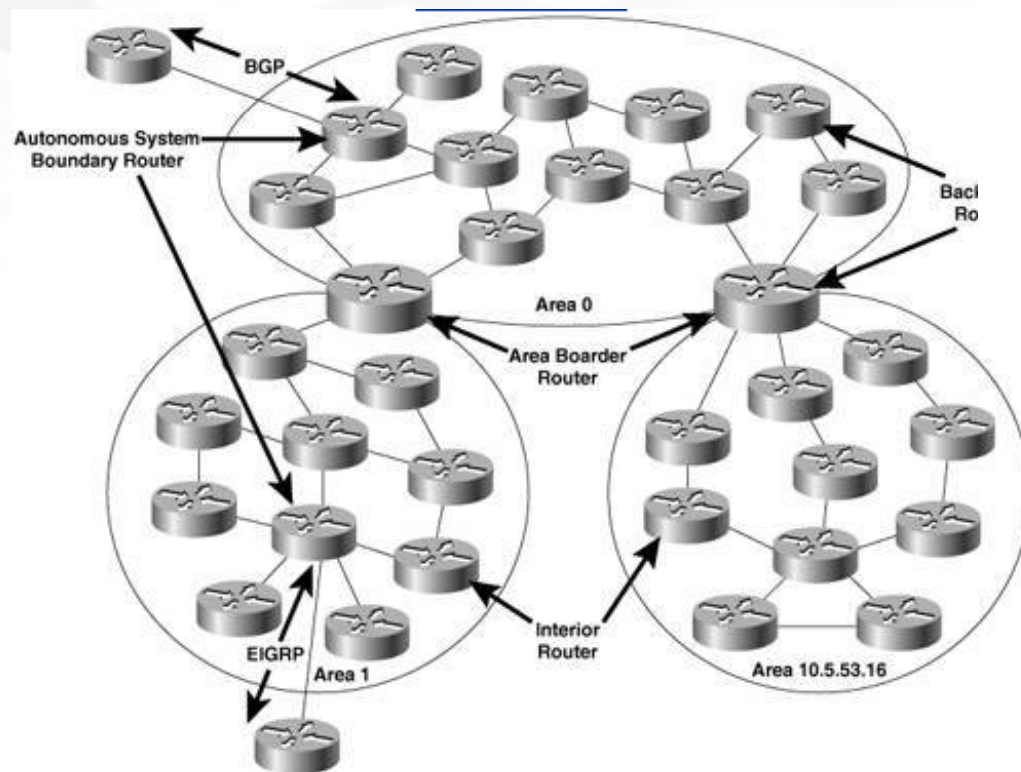
Tipos de Roteadores

- *Internal Routers:*
 - Aqueles cujas interfaces pertencem a uma mesma área. Esses roteadores possuem um único banco de dados de estados de *links* referente à área em que eles estão situados. Envia(m) (fazem um "flooding") anúncios de *links*, informando os links que estão "atachados" a ele.
- *Area Border Routers (ABRs):*
 - Conectam uma ou mais áreas ao *backbone* e agem como um *gateway* para o tráfego intra-área. Um ABR sempre tem pelo menos uma interface que pertence ao *backbone* e mantém um banco de dados de *link-state* separado para cada uma das suas áreas conectadas. Por esta razão, ABRs geralmente têm mais memória e mais poder de processamento que os roteadores internos.
 - Um ABR sumariza a informação topológica das suas áreas conectadas ao *backbone*, que propaga então a informação sumarizada para as outras áreas.

Tipos de Roteadores (cont.)

- *Backbone Routers:*
 - São roteadores com pelo menos uma interface conectada à área 0 (*backbone*).
 - Nem todo roteador de *backbone* é um ABR.
- *Autonomous System Boundary Routers (ASBRs):*
 - São *gateways* para tráfego externo, injetando rotas no domínio OSPF que foram aprendidas (redistribuídas) de um outro protocolo, como BGP ou EIGRP.
 - UM ASBR pode estar localizado em qualquer lugar dentro do AS OSPF, exceto em áreas *stub* (vide adiante).

Tipos de Roteadores (cont.)



Tipos de Rede

- O OSPF define os seguintes tipos de rede:
 - Redes ponto-a-ponto
 - Redes multi-acesso
 - Redes broadcast
 - Redes nonbroadcast multiaccess (NBMA)
 - Redes ponto-multiponto
 - *Links* virtuais

Tipos de Rede (cont.)

- Redes Ponto-a-Ponto (point-to-point networks)
 - Tais como links T1, DS-3, ou SONET, conectam diretamente dois roteadores.
- Redes Broadcast (multi-access broadcast networks)
 - Tais como Ethernet, Token Ring e FDDI, são redes em que todos os dispositivos conectados podem receber um único pacote transmitido.
 - Roteadores OSPF em redes broadcast sempre elegem um roteador DR (*Designator Router*) e um BDR (*Backup Designator Router*).
- Redes não broadcast (nonbroadcast multi-access networks – NBMA)
 - Tais como X.25, Frame Relay e ATM, são capazes de conectar mais de dois roteadores mas não possuem a capacidade de *broadcast*. Todos os pacotes devem ser especificamente endereçados para roteadores da rede. Um pacote enviado a um dos roteadores não é recebido pelos outros roteadores da rede. Como resultado, os roteadores de uma rede NBMA devem ser configurados com os endereços dos vizinhos.
 - Roteadores OSPF em redes não-broadcast elegem um roteador DR e um BDR, e todos os pacotes OSPF são unicast.

Tipos de Rede (cont.)

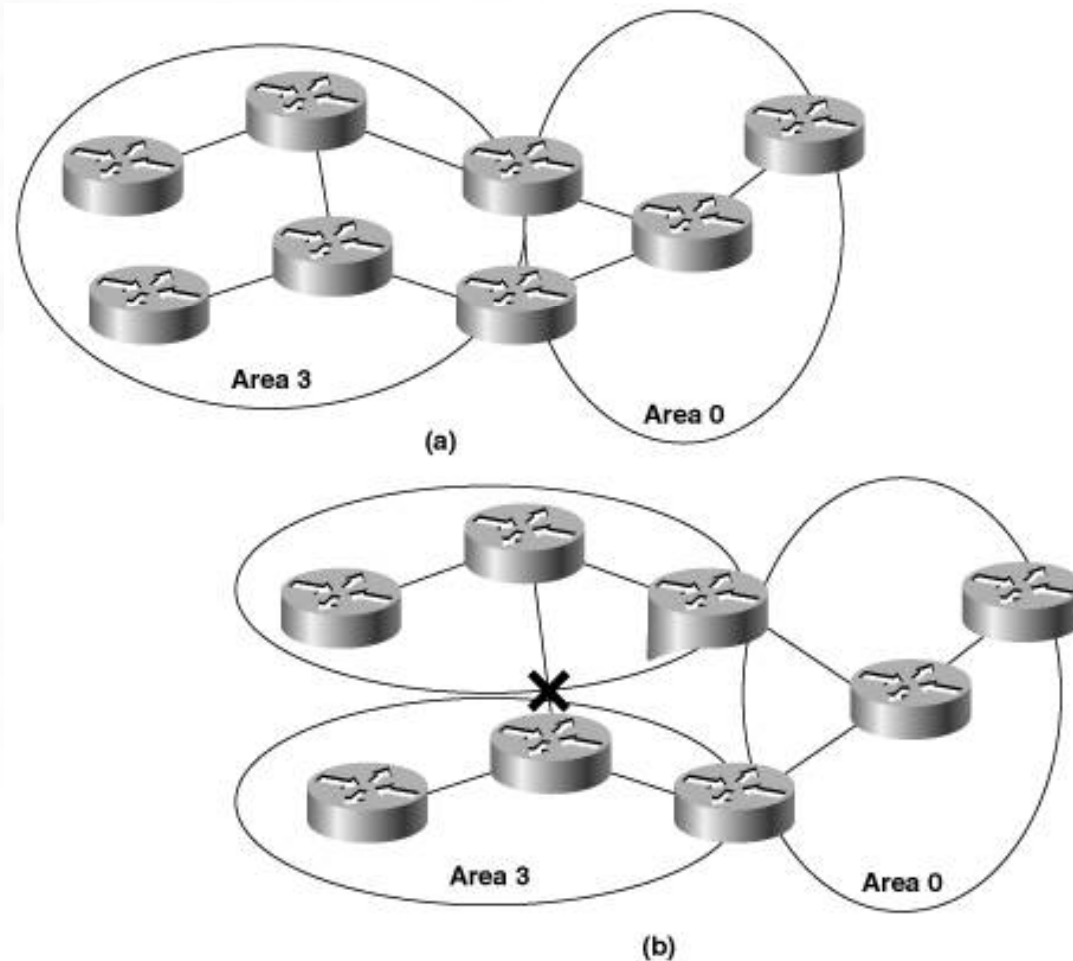
- Point-to-multipoint networks
 - É um caso especial de redes NBMA onde nem todo roteador tem uma ligação direta com qualquer outro roteador da rede (topologia *partial mesh*).
 - Roteadores nessas redes não elegem DR e BDR.
 - Pacotes OSPF são *unicast*, para cada vizinho conhecido.
- Virtual links
 - É como uma “VPN” que conecta uma área não contígua, que não tem como se ligar diretamente ao *backbone*, através de uma área diretamente conectada a ele.
 - É considerado parte do backbone.
 - Pacotes OSPF sobre um link virtual são sempre *unicast*.

Área Particionada

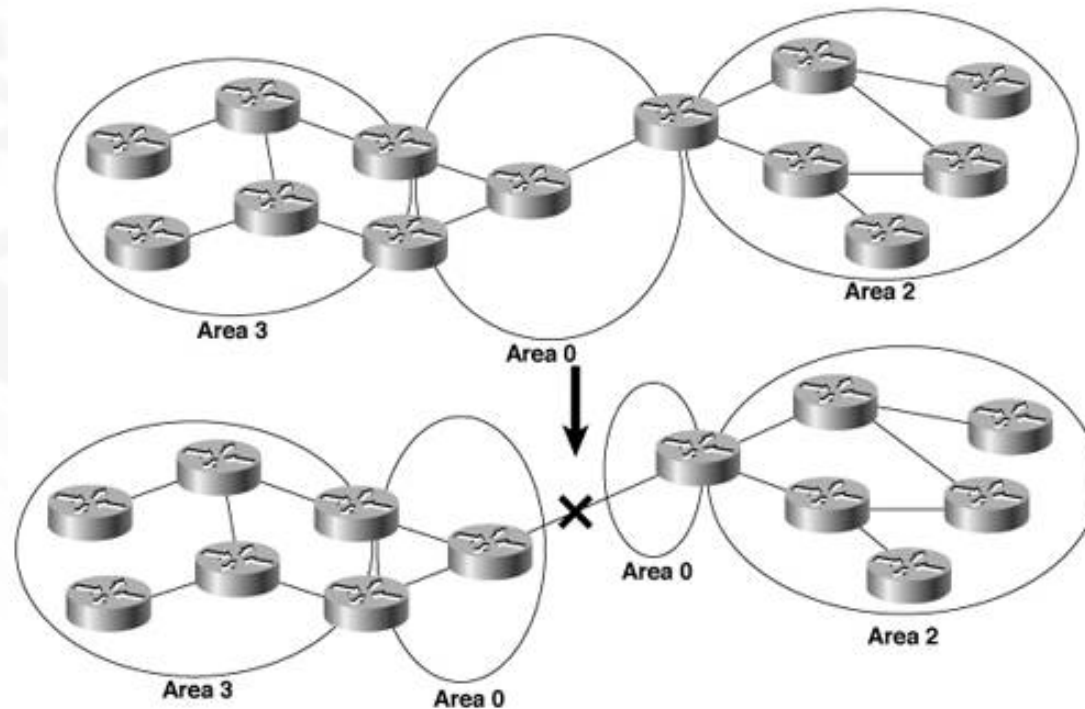
- É uma área na qual uma falha de *link* provoca uma separação de uma parte da área da outra.
- Se uma área não-backbone torna-se particionada e se todos os roteadores em cada lado da partição podem ainda encontrar o ABR, nenhuma interrupção de serviço ocorre.
- Neste caso, o *backbone* simplesmente trata a área como duas áreas separadas. O tráfego intra-área de um lado da partição à outro torna-se um tráfego inter-área, passando através do *backbone*.
- Note que uma área particionada não é a mesma coisa que uma área isolada, onde nenhum caminho existe para o restante do domínio OSPF.

Área Particionada

- (a) A área 3 está conectada ao backbone (área 0) por dois ABRs.
- (b) Uma falha de link na área 3 cria uma área particionada, mas todos os roteadores dentro da área 3 ainda podem alcançar um ABR. Nessas circunstâncias, o tráfego ainda pode ser roteado entre os dois lados da área particionada.

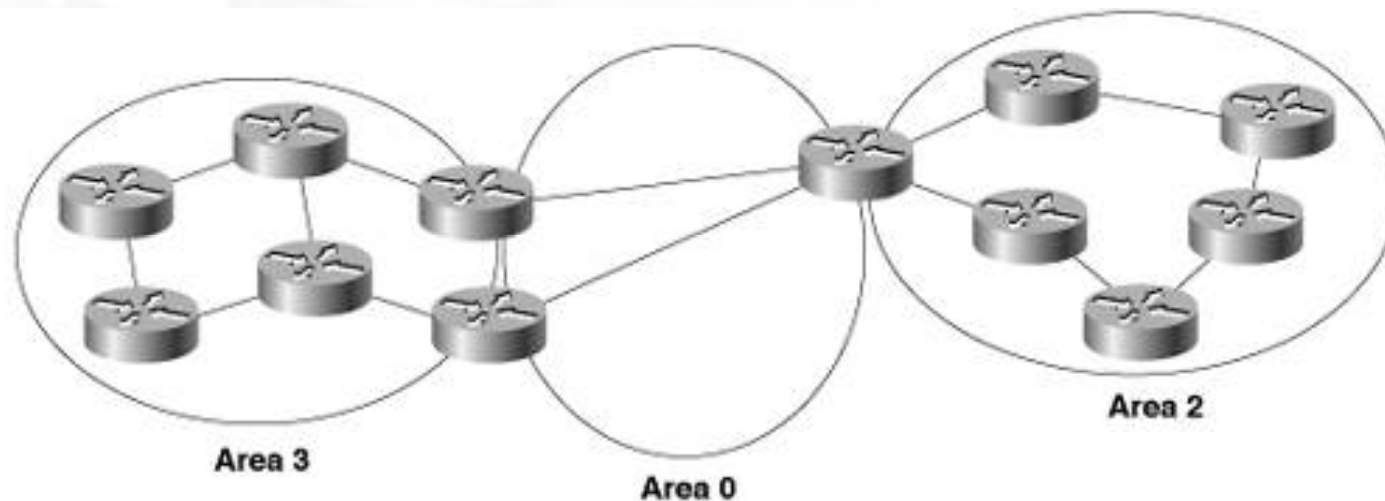


Área Particionada (cont.)



- Uma partição do próprio backbone é uma situação mais séria. Um backbone particionado isola as áreas de cada lado da partição, criando dois domínios OSPF separados.

Área Particionada (cont.)

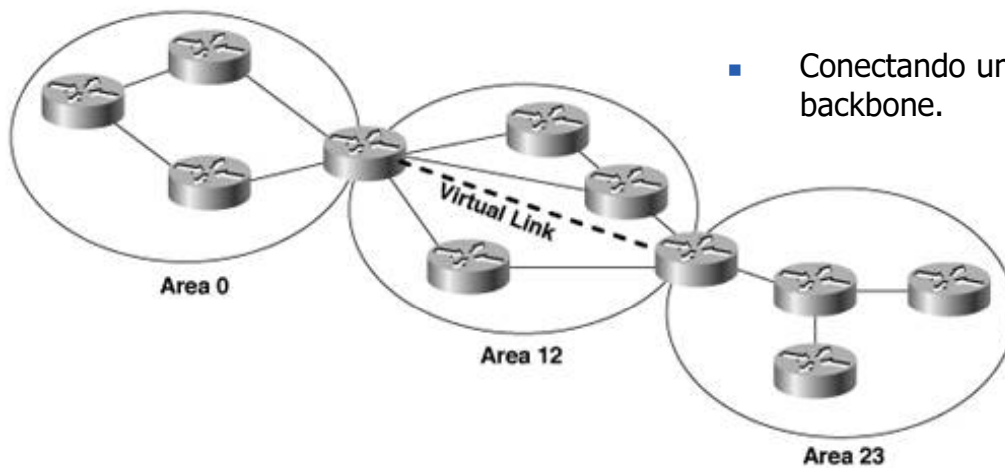


- A figura acima apresenta um melhor design de áreas. As áreas 0 e 2 foram definidas de modo que nenhuma delas pode ser particionada por uma única falha de link.
- A vulnerabilidade da área 2 ainda persiste. Se o seu ABR falha a área ficará isolada. Já a área 3 usa dois ABRs e, por isso, nenhuma falha de um único link ou de um único ABR pode isolar qualquer parte da área.

Links Virtuais

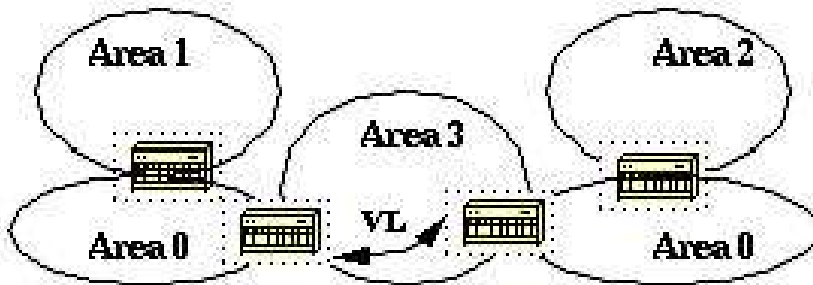
- É um link para a área de *backbone* através de uma área *não-backbone*.
- *Links* virtuais são usados para os seguintes propósitos:
 - Conectar áreas não-contíguas ao *backbone*.
 - Conectar as duas parte de um *backbone* particionado através de uma área de não-backbone (ou seja, conectar 2 *backbones* não-contíguas). Essa situação também pode ocorrer, por exemplo, no processo de integração de redes entre duas empresas que acabaram se fundindo.
- Os *endpoints* de um *link* virtual devem ser ABR's.
- A área não-backbone é denominada de *Transit Area* (área de trânsito).
- A área de trânsito não pode ser uma *Stub Area*.

Links Virtuais (cont.)

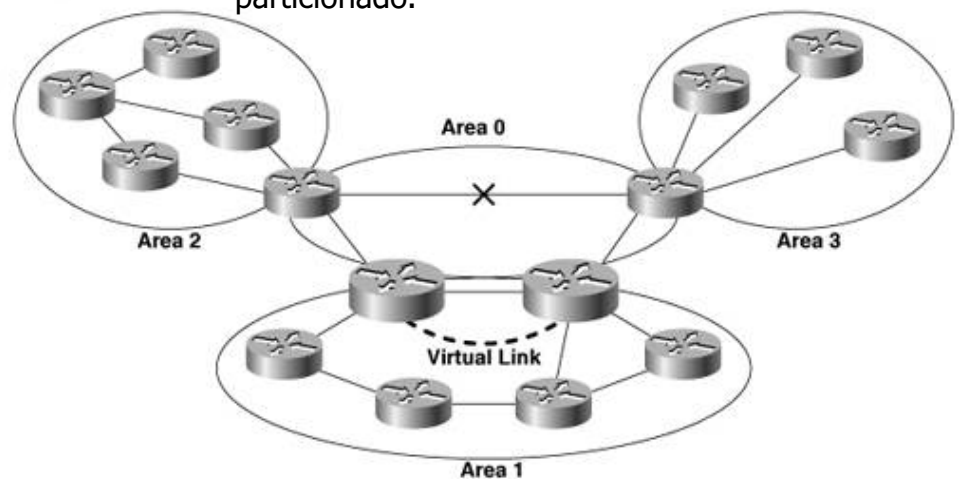


- Conectando uma área não contígua (área 23) ao backbone.

- Integrando redes entre duas empresas que acabaram se fundindo.



- Conectando as duas partes de um backbone particionado.



Configurando um Link Virtual

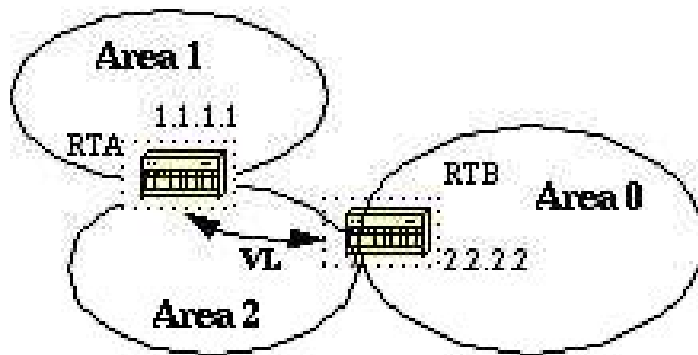
- O comando para se configurar um link como virtual é o seguinte:

area <area-id> virtual-link <RID>

onde:

- RID = Identificador do roteador
- area-id = ID da área

Configurando um Link Virtual (cont.)



```
RTA(config)#router ospf 10
RTA(config-router)#area 2 virtual-link 2.2.2.2
```

```
RTB(config)#router ospf 10
RTB(config-router)#area 2 virtual-link 1.1.1.1
```

2.2.2.2 e 1.1.1.1 são os endereços IP de interfaces *loopback* configuradas nos roteadores RTA e RTB, respectivamente (em uma rede OSPF, endereços IP de *loopbacks* são preferidos para a definição do Router ID – vide adiante).

Stub Area

- Ao aprender sobre rotas externas um ASBR irá anunciar essas rotas (via *flooding* de AS External LSAs) nos domínios OSPF. Em muitos casos, essas rotas externas formam uma porcentagem razoável da base de LSA's de cada roteador.
- Assim, na situação em que:
 - ou existe uma única saída da área (elas têm somente um roteador ligado ao mundo externo);
 - ou quando qualquer saída pode ser usada sem preferência de roteamento para destinos fora do AS.

as áreas podem ser configuradas como *stubs*.

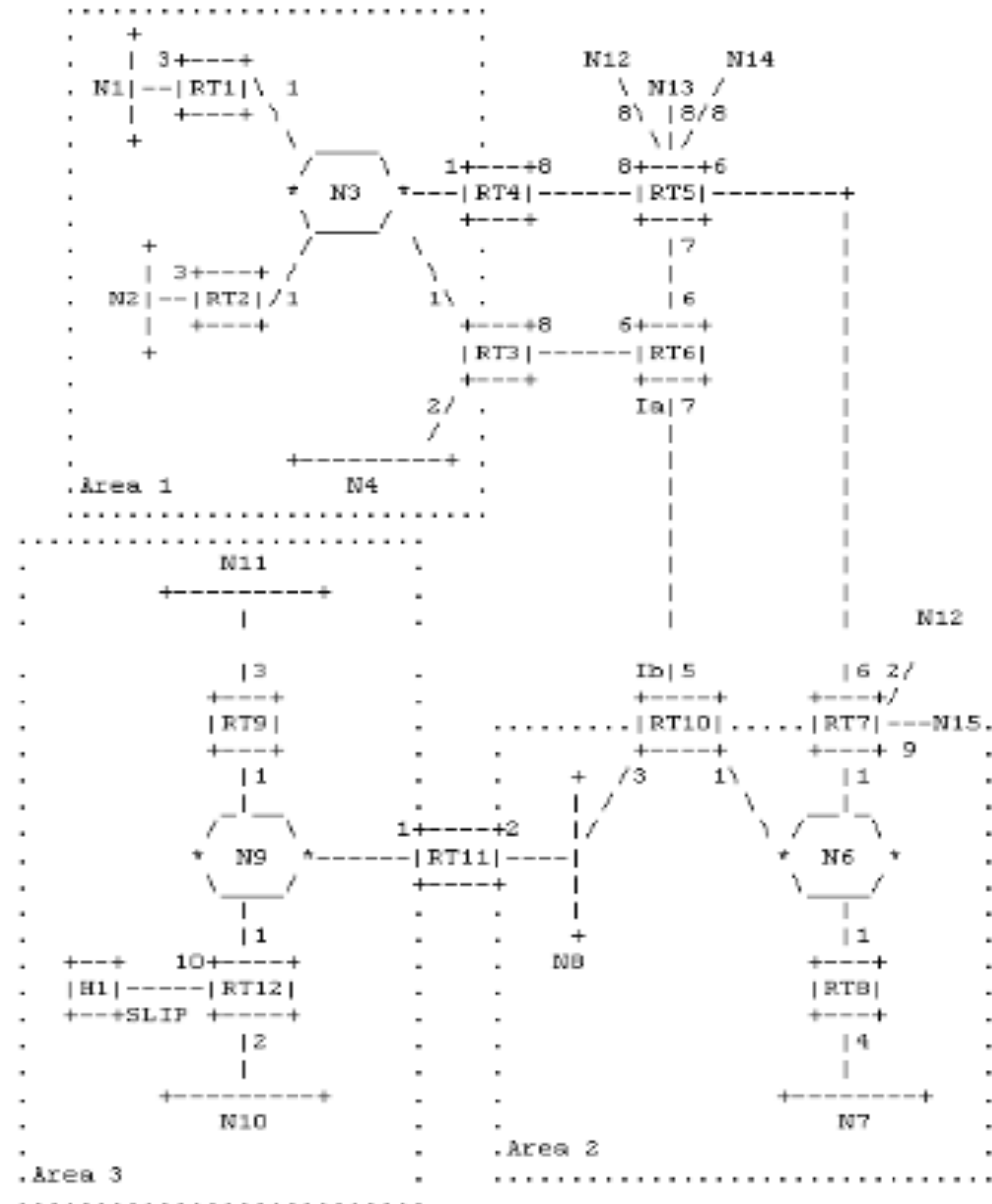
- Uma *área stub* é uma área para dentro da qual não acontecem anúncios de rotas externas. Todos os pacotes que trafegam dentro de uma *área stub* sempre se originam de ou são destinados para um elemento da rede.
- Em outras palavras, uma *área stub* é uma área configurada para se usar rota *default* em roteamento inter-área. Fazendo isso, reduz-se o tamanho da base de dados e, como consequência, também os requisitos de memória dos seus roteadores internos.

Stub Area (cont.)

- Quando um roteador de borda é configurado para uma *stub area*, ele automaticamente anuncia uma rota *default* no lugar das rotas externas que não serão anunciadas para dentro da *stub area*, de modo que os roteadores de dentro dela possam alcançar os destinos externos.
- Todos os roteadores dentro de uma área *stub* devem ser configurados como *stub routers*. Isto porque sempre que uma área é configurada como *stub*, todas as interfaces pertencentes àquela área iniciarão a troca de pacotes *Hello* com um *flag* indicando que a interface é *stub*.
- As seguintes restrições se aplicam às *áreas stub*:
 - Não se pode criar um link virtual através de uma *stub area*;
 - Uma *stub area* não pode conter um roteador ASBR.

Stub Area (cont.)

Na figura, a Área 3 poderia ser configurada como uma *stub area* porque todo o tráfego externo deve passar necessariamente por RT11. Assim, RT11 poderia anunciar uma rota *default* para distribuição dentro da Área 3, em vez de enviar (*flooding*) AS-external-LSAs para as redes N12-N15 de dentro da área. Uma *stub area* não tem nenhuma rota externa configurada dentro dela; logo, não existe redistribuição de rotas de outro protocolo para dentro dela.



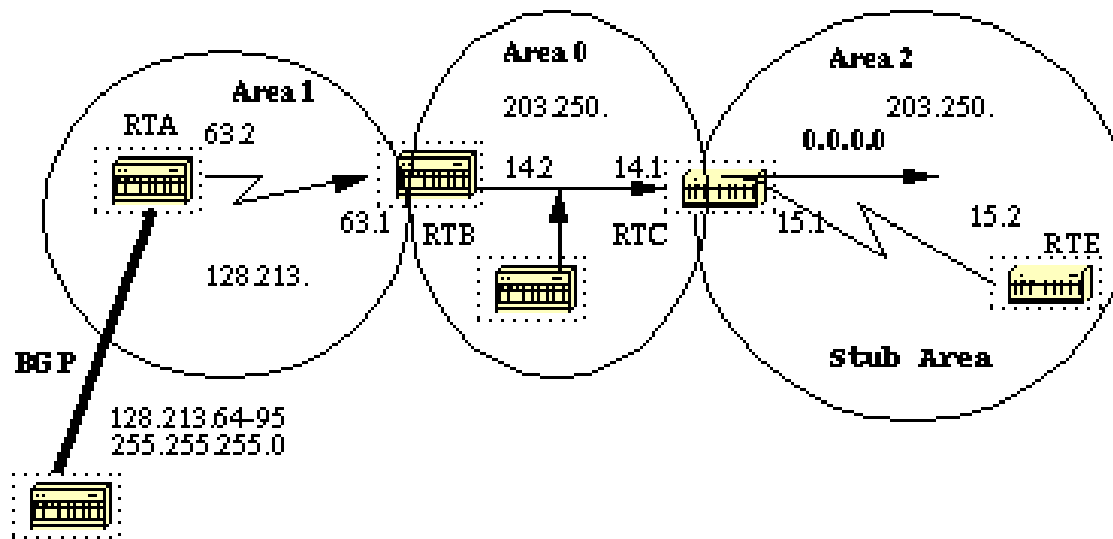
Configurando Áreas Stub e Totally Stub

- Comando que configura uma área como *stub*
area <area-id> stub
- Comando que configura uma área como *totally stub*
area <area-id> stub no-summary
- Comando que configura um custo default para dentro de uma área (se o custo não for setado com este comando, um custo de 1 será anunciado pelo ABR):
area <area-id> default-cost cost

Configurando Áreas Stub e Totally Stub (cont.)

- Numa área *totally stub*, além das rotas externas, são também bloqueadas rotas sumarizadas (isto é, rotas inter-áreas).
- As únicas rotas injetadas em uma *totally stub area* são rotas intra-área e a rota default 0.0.0.0.
- Roteadores Cisco indicam uma que uma área é "*totally stubby area*" adicionando as palavra reservada "*no-summary*" na configuração da *stub area*.

Configurando Áreas Stub e Totally Stub (cont.)



- Na figura acima, assumo que a área 2 será configurada como uma área *stub*. Será mostrada a seguir a tabela de roteamento de RTE antes e depois de se configurar a área 2 como *stub*.

Configurando Áreas Stub e Totally Stub (cont.)

ANTES

RTE aprendeu as rotas *inter-area* (O IA) 203.250.14.0 e 128.213.63.0, a rota *intra-area* (O) 131.108.79.208 e a rota externa "*external route*" (O E2) 128.213.64.0.

RTE#

```
interface Ethernet 0
  ip address 203.250.14.1 255.255.255.0
```

```
interface Serial1
  ip address 203.250.15.1 255.255.255.252
```

```
router ospf 10
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0
```

RTE#**show ip route**

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
 D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
 E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
 i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

Gateway of last resort is not set

```
203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
C      203.250.15.0 is directly connected, Serial0
O IA   203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:06:31, Serial0
       128.213.0.0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O E2   128.213.64.0 255.255.192.0
       [110/10] via 203.250.15.1, 00:00:29, Serial0
O IA   128.213.63.0 255.255.255.252
       [110/84] via 203.250.15.1, 00:03:57, Serial0
       131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets
O      131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:10, Serial0
```

Configurando Áreas Stub e Totally Stub (cont.)

RTC#

```
interface Ethernet 0
  ip address 203.250.14.1 255.255.255.0
interface Serial1
  ip address 203.250.15.1 255.255.255.252
router ospf 10
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0
  area 2 stub
```

RTE#

```
interface Serial1
  ip address 203.250.15.2 255.255.255.252
router ospf 10
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  area 2 stub
```

DEPOIS

Área 2 é configurada como área *stub*.

- Note que o comando *stub* também é configurado em RTE; do contrário, ele nunca se tornaria um vizinho de RTC.
- O custo default não foi setado; logo, RTC anunciará 0.0.0.0 para RTE com uma métrica 1.

Configurando Áreas Stub e Totally Stub (cont.)

RTE#**show ip route**

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

Gateway of last resort is 203.250.15.1 to network 0.0.0.0

```
203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
C      203.250.15.0 is directly connected, Serial0
O IA   203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:26:58, Serial0
      128.213.0.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
O IA   128.213.63.0 [110/84] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0
      131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets
O      131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0
O*IA  0.0.0.0 0.0.0.0 [110/65] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0
```

Note que todas as rotas continuam aparecendo na tabela, exceto as rotas externas. Estas foram substituídas pela rota default 0.0.0.0. O custo desta rota é 65 (64 do link T1 + 1 anunciado por RTC).

Configurando Áreas Stub e Totally Stub (cont.)

Configurando agora a área 2 como *totally stub* e alterando o custo default de 0.0.0.0 para 10.

```
RTC#
interface Ethernet 0
  ip address 203.250.14.1 255.255.255.0
interface Serial1
  ip address 203.250.15.1 255.255.255.252
router ospf 10
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0
  area 2 stub no-summary
  area 2 default cost 10
```

RTE#show ip route

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
 D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
 E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
 i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

Gateway of last resort is not set

```
203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
C    203.250.15.0 is directly connected, Serial0
131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets
O    131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:31:27, Serial0
O*IA 0.0.0.0 0.0.0.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:00, Serial0
```

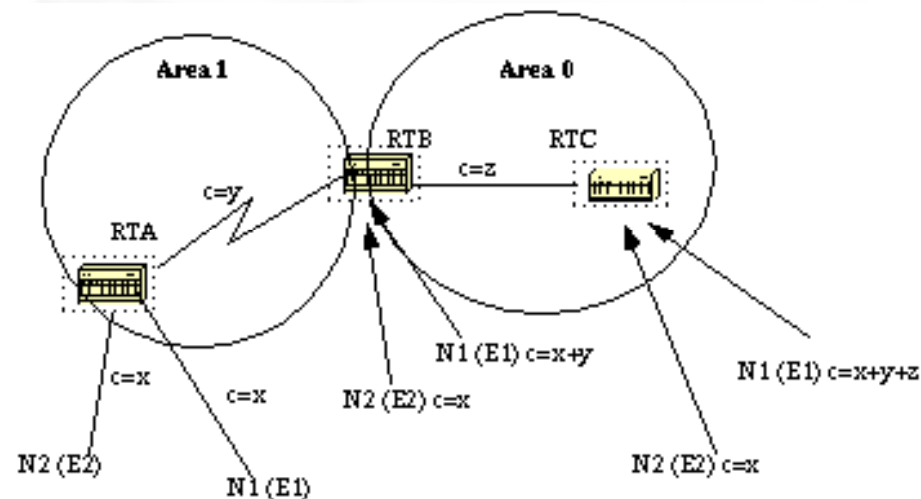
Note agora que as únicas rotas que estão sendo mostradas são as rotas intra-area (O) e a rota default 0.0.0.0. As rotas externas e as rotas inter-area foram bloqueadas.

O custo da rota default é agora de 74 (64 do link T1 line + 10 anunciado por RTC). Nenhuma configuração é necessária em RTE neste caso. A área já é stub e o comando **no-summary** não afeta os pacotes Hello como o faz o comando *stub*.

Rotas Externas E1 e E2

- Rotas externas caem em duas categorias: E1 e E2. A diferença entre elas é a maneira com que o custo (a métrica) da rota é calculada.
- O custo de uma E1 é a soma do custo externo com o custo interno usado para atingir aquela rota.
- O custo de uma rota E2 é sempre o custo externo, independentemente do custo interno para se alcançar aquela rota.
- A rota E1 é sempre preferida sobre a rota E2, para um mesmo destino mas se nada for especificado, o tipo externo default é o tipo E2.
- Se duas rotas externas para um mesmo destino são do tipo E2 e os custos externos são os mesmos, então o caminho com menor custo até o ASBR é selecionado.

Rotas Externas E1 e E2 (cont.)



Na figura, RTA está redistribuindo duas rotas externas no domínio OSPF. Ambas as redes N1 e N2 têm um custo externo de x . A única diferença é que N1 está sendo redistribuída no OSPF com uma métrica do tipo E1 enquanto que N2 está sendo redistribuída com uma métrica do tipo E2. Se seguirmos as rotas a partir da Area 1 para a Area 0 veremos que o custo para se atingir N2, visto de RTB ou de RTC, será sempre x . O custo interno ao longo do caminho não é considerado. Por outro lado, o custo para atingir N1 é incrementado do custo interno. Este custo é de $x+y$, visto de RTB, e de $x+y+z$, visto de RTC.

Tipos de Rede

- O OSPF define os seguintes tipos de rede:
 - Redes ponto-a-ponto
 - Redes multi-acesso
 - Suportam a ligação (*attachment*) de mais de dois roteadores na rede. Podem ser sub-divididas em dois tipos:
 - Redes broadcast
 - Redes nonbroadcast multiaccess (NBMA)
 - Redes ponto-multiponto
 - *Links* virtuais

Tipos de Rede (cont.)

- Redes Ponto-a-Ponto (point-to-point networks)
 - Tais como links T1, DS-3, ou SONET, conectam diretamente dois roteadores.
- Redes Broadcast (multi-access broadcast networks)
 - Tais como Ethernet, Token Ring e FDDI, são redes em que todos os dispositivos conectados podem receber um único pacote transmitido.
 - Roteadores OSPF em redes broadcast sempre elegem um roteador DR (*Designator Router*) e um BDR (*Backup Designator Router*).
- Redes não broadcast (nonbroadcast multi-access networks – NBMA)
 - Tais como X.25, Frame Relay e ATM, são capazes de conectar mais de dois roteadores mas não possuem a capacidade de *broadcast*. Todos os pacotes devem ser especificamente endereçados para roteadores da rede. Um pacote enviado a um dos roteadores não é recebido pelos outros roteadores da rede. Como resultado, os roteadores de uma rede NBMA devem ser configurados com os endereços dos vizinhos.
 - Roteadores OSPF em redes não-broadcast elegem um roteador DR e um BDR, e todos os pacotes OSPF são unicast.

Tipos de Rede (cont.)

- Point-to-multipoint networks
 - É um caso especial de redes NBMA onde nem todo roteador tem uma ligação direta com qualquer outro roteador da rede (topologia *partial mesh*).
 - Roteadores nessas redes não elegem DR e BDR.
 - Pacotes OSPF são *unicast*, para cada vizinho conhecido.
- Virtual links
 - É como uma “VPN” que conecta uma área não contígua, que não tem como se ligar diretamente ao *backbone*, através de uma área diretamente conectada a ele.
 - É considerado parte do backbone.
 - Pacotes OSPF sobre um link virtual são sempre *unicast*.

Router ID

- Um endereço IP pelo qual o roteador é univocamente identificado dentro do domínio OSPF. O Router ID é calculado em tempo de *boot* ou a qualquer momento que o processo OSPF for restartado.
- Roteadores Cisco derivam os Router ID da seguinte maneira (nesta ordem):
 - Se o ID foi configurado manualmente via comando **router-ID** <value>, então este é o ID que será usado.
 - Se nenhum router-ID foi configurado, o roteador escolhe o numericamente maior endereço IP em qualquer das suas interfaces de *loopback*;
 - Se nenhuma das interfaces de *loopback* está configurada com endereços IP, o roteador escolhe o numericamente maior endereço IP das suas interfaces físicas. A interface escolhida não tem que estar necessariamente rodando OSPF.
- Usar endereços associados com interfaces *loopback* tem a vantagem dela ser mais estável do que qualquer interface física. Ela é ativada no boot do roteador e só falha se todo o roteador falhar.

Vizinhos (“Neighbors”)

- Antes que qualquer informação de roteamento possa ser trocada, os roteadores OSPF devem descobrir os seus vizinhos e estabelecer adjacências com eles.
- Roteadores vizinhos (*neighbors*) são roteadores que têm interfaces num segmento de rede/sub-rede comum.
- Numa rede multi-acesso, vizinhos são descobertos dinamicamente pelo protocolo *Hello*. A relação de vizinhança também é mantida por meio deste protocolo.
- Roteadores tornam-se vizinhos assim que conseguem ver eles mesmos listados como vizinhos no pacote *Hello* do outro roteador. Desta forma, uma comunicação de 2 vias é garantida.
- Dois roteadores só serão vizinhos se estiverem de acordo nos seguintes pontos:
 - Area ID, Autenticação, Hello e Dead Intervals, Stub Area Flag e MTU Size.

Vizinhos (“Neighbors”) (cont.)

- Area-ID:
 - As interfaces dos dois roteadores devem:
 - Pertencer à mesma área OSPF;
 - Pertencer à mesma subrede; e
 - Possuir a mesma máscara de rede.
- Autenticação:
 - Se autenticação estiver sendo utilizada, roteadores vizinhos devem trocar a mesma senha em um dado segmento.
- Hello Interval e Dead Interval:
 - *Hello Interval* especifica o tempo, em segundos, entre pacotes *hello* enviados por uma interface.
 - *Dead Interval* especifica o tempo, em segundos, acima do qual se pacotes *hello* não forem ouvidos pelos vizinhos o roteador é declarado como *down*.

Vizinhos (“Neighbors”) (cont.)

- Stub Area Flag:
 - Dois roteadores também devem possuir o mesmo valor no campo “*Stub Area Flag*” do pacote *Hello* para formarem uma relação de vizinhança.
- MTU Size:
 - Se os valores do *MTU Size* das interfaces forem diferentes em cada ponta, a adjacência não será formada.
 - Se, por algum motivo, existir a necessidade de estabelecer a adjacência mantendo-se MTUs distintos em cada ponta, o seguinte comando deve ser configurado em cada interface envolvida no processo:
ip ospf mtu-ignore

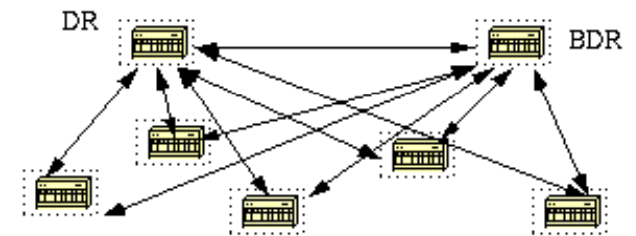
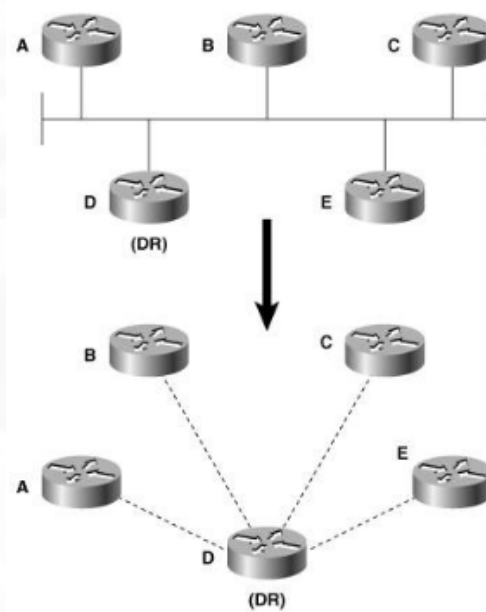
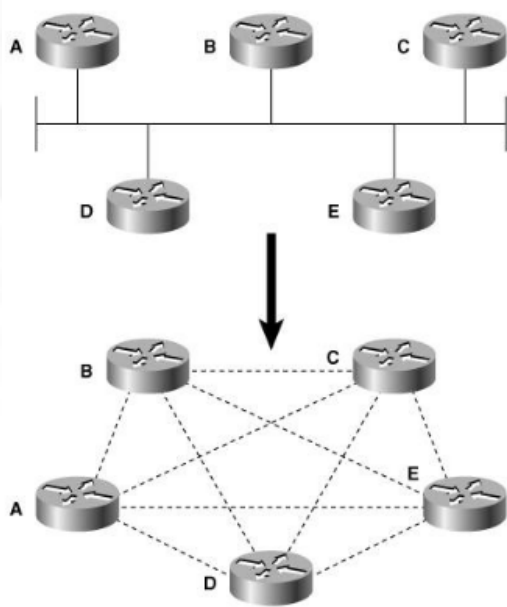
Adjacências

- Roteadores vizinhos podem se tornar adjacentes. Adjacência é uma relação estabelecida entre dois roteadores vizinhos com o objetivo de trocar informações de roteamento (sincronizar as bases de dados). O processo de formação de adjacências ocorre imediatamente após a definição das relações de vizinhança.
- Dois roteadores se tornam adjacentes quando têm sincronizadas as suas bases de dados topológicas. O processo de sincronização se dá através da troca de *Link-State Advertisement (LSAs)*.
- A troca de informações de estado dos *links* ocorre apenas entre roteadores adjacentes e não entre roteadores apenas vizinhos.

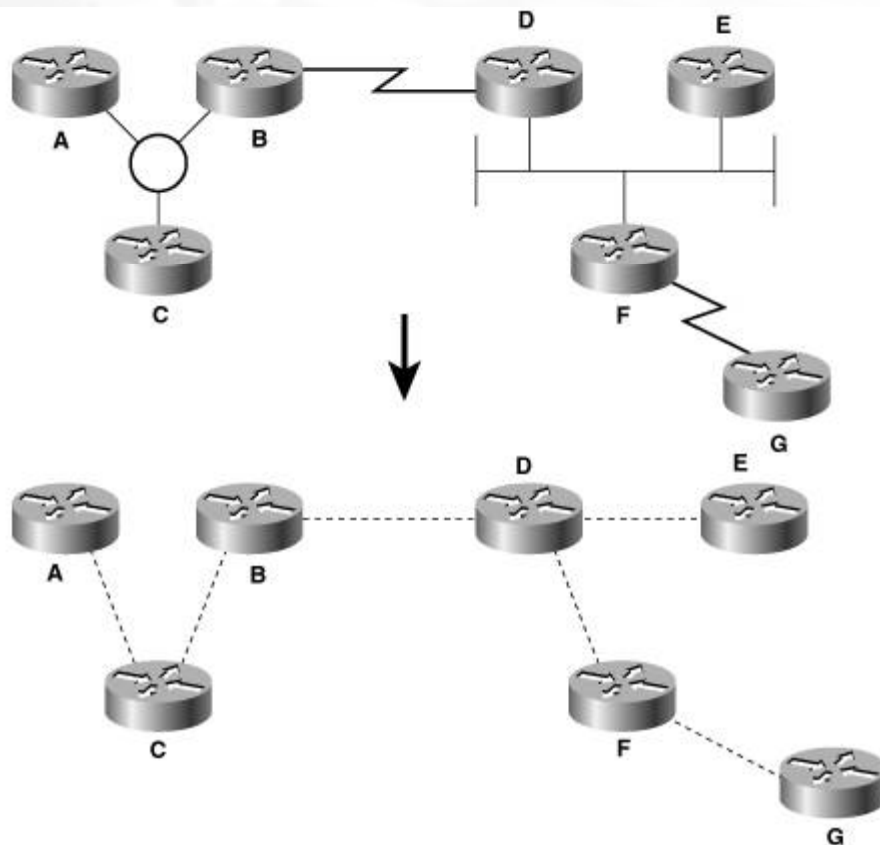
Adjacências (cont.)

- A troca de informação de estado dos *links* pode criar uma quantidade significativa de tráfego na rede. Para reduzir a quantidade de informação trocada em um segmento, o OSPF elege um roteador como *Designated Router (DR)* e um outro para assumir o papel de backup deste, o *Backup Designated Router – (BDR)*. A eleição do roteador DR/BDR é feita através do pacote *Hello*.
- A idéia por trás deste princípio é criar um ponto central na rede multi-acesso para troca de informações. Ao invés de cada roteador trocar *updates* (LSAs) com cada outro roteador do segmento, o roteador troca informação apenas com o DR e o BDR. Estes enviam então a informação para os demais roteadores do segmento.

Adjacências (cont.)



Adjacências (cont.)

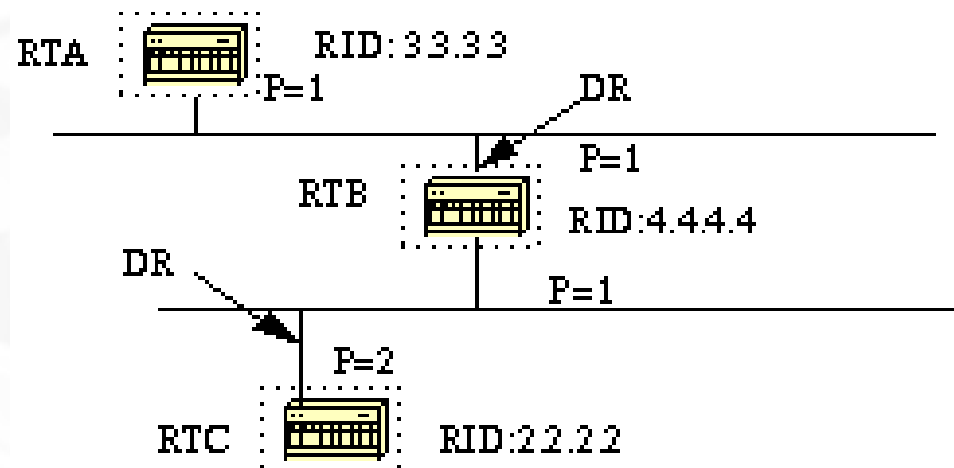


Um grupo de roteadores interconectados por links de dados serão vistos pelo OSPF como um grupo de nós interconectados por adjacências.

Eleição do Designator Router (DR)

- O roteador que tiver o maior *OSPF Priority* em um segmento é eleito o DR daquele segmento. Idem para a eleição do BDR. Em caso de empate, o roteador com maior Router ID vence a disputa.
- A prioridade default para uma interface OSPF é 1. Este valor pode ser alterado pelo comando:
ip ospf priority <value>
- Uma prioridade "0" significa que a interface em questão não será considerada no processo de eleição do DR/BDR. O estado de uma interface com prioridade 0 é DROTHER.

Eleição do Designator Router (DR) (cont.)



- No segmento superior: as interfaces de RTA e RTB possuem a mesma prioridade, mas RTB tem um RID maior e, por isso, será eleito DR.
- No segmento inferior: RTC tem uma prioridade maior que RTB e, por isso, RTC será eleito DR.

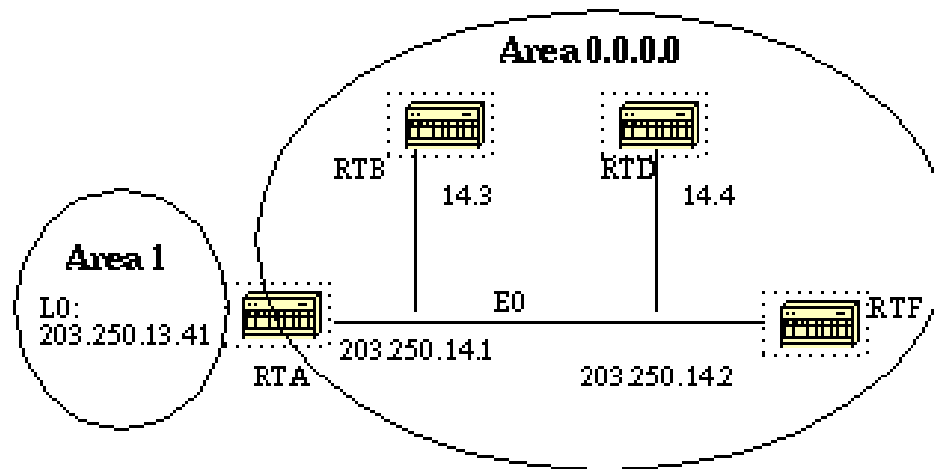
Construindo Adjacências

- O processo de formação de adjacência consiste de sete estágios. Ao final, os roteadores que se tornaram adjacentes têm a mesma base de dados de *link-state*.
- Cada roteador é descrito por uma máquina de estados, que descreve a conversação entre ele e o seu vizinho.
- Os estados pelos quais uma interface passa na formação de adjacências são os seguintes:
 - Down, Init, Two-way, Exstart, Exchange, Loading, Full

Construindo Adjacências (cont.)

- **Down:** Estado inicial. Nenhuma informação foi recebida de nenhum vizinho.
- **Attempt:** Em redes NBMA um vizinho aparenta estar down (nenhuma informação recente foi recebida do vizinho). Uma tentativa de contato deve ser feita, enviando pacotes hello a uma taxa diferenciada "PollInterval".
- **Init:** a interface recebeu pacotes *hello* enviados recentemente pelo vizinho mas comunicação bi-direcional ainda não foi estabelecida.
- **Two-way:** Existe comunicação bi-direcional com o vizinho. O roteador se viu no pacote Hello do vizinho. Ao final deste estágio, a eleição do roteador DR e BDR foi realizada e adjacências podem ser estabelecidas. .
- **Exstart:** As inicializações necessárias para o estabelecimento de adjacências são feitas (número de seqüência inicial, quem é roteador primário e secundário, etc.).
- **Exchange:** Roteadores estão trocando LSAs.
- **Loading:** Neste estágio, os roteadores estão finalizando a troca de informações de roteamento carregadas pelos LSAs.
- **Full:** Neste estágio a adjacência está completa. Os roteadores vizinhos têm as suas bases de dados topológicas exatamente iguais.

Exemplo



- Na figura, RTA, RTB, RTD e RTF compartilham um segmento comum (E0) na área 0.0.0.0. Os slides a seguir mostram as configurações de RTA e RTF. RTB e RTD têm configurações semelhantes à RTF (não são apresentados).

Exemplo (cont.)

```
RTA#  
hostname RTA  
interface Loopback0  
  ip address 203.250.13.41 255.255.255.0  
interface Ethernet0  
  ip address 203.250.14.1 255.255.255.0  
router ospf 10  
  network 203.250.13.41 0.0.0.0 area 1  
  network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0
```

```
RTF#  
hostname RTF  
interface Ethernet0  
  ip address 203.250.14.2 255.255.255.0  
router ospf 10  
  network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0
```

Exemplo (cont.)

- O exemplo serve para demonstrar alguns comandos muito úteis quando se analisa redes OSPF. Um deles é:

show ip ospf interface <interface>

- Com este comando pode-se verificar se todas as interfaces pertencem mesmo às áreas às quais elas supostamente devem pertencer.
- Observe que a seqüência na qual os comandos OSPF são listados é muito importante. Por exemplo, a configuração de RTA, se o comando "*network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0*" fosse colocado antes do comando "*network 203.250.13.41 0.0.0.0 area 1*" todas as interfaces estariam na área 0, o que é incorreto porque a interface de *loopback* está na área 1 e não na 0.0.0.0.

Exemplo (cont.)

RTA#show ip ospf interface e0

```
Ethernet0 is up, line protocol is up
  Internet Address 203.250.14.1 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
  Process ID 10, Router ID 203.250.13.41, Network Type BROADCAST, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 1
  Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2
  Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address 203.250.14.1
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
  Hello due in 0:00:02
  Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 3
    Adjacent with neighbor 203.250.15.1 (Designated Router)
Loopback0 is up, line protocol is up
  Internet Address 203.250.13.41 255.255.255.255, Area 1
  Process ID 10, Router ID 203.250.13.41, Network Type LOOPBACK, Cost: 1
  Loopback interface is treated as a stub Host
```

RTF#show ip ospf interface e0

```
Ethernet0 is up, line protocol is up
  Internet Address 203.250.14.2 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
  Process ID 10, Router ID 203.250.15.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
  Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2
  Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address 203.250.14.1
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
  Hello due in 0:00:08
  Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 3
    Adjacent with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router)
```

Exemplo (cont.)

RTD#show ip ospf interface e0

```
Ethernet0 is up, line protocol is up
Internet Address 203.250.14.4 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
Process ID 10, Router ID 192.208.10.174, Network Type BROADCAST, Cost: 10
Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 1
Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2
Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address 203.250.14.1
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
Hello due in 0:00:03
Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 2
Adjacent with neighbor 203.250.15.1 (Designated Router)
Adjacent with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router)
```

RTB#show ip ospf interface e0

```
Ethernet0 is up, line protocol is up
Internet Address 203.250.14.3 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
Process ID 10, Router ID 203.250.12.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10
Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 1
Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2
Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address 203.250.14.1
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
Hello due in 0:00:03
Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 2
Adjacent with neighbor 203.250.15.1 (Designated Router)
Adjacent with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router)
```

Exemplo (cont.)

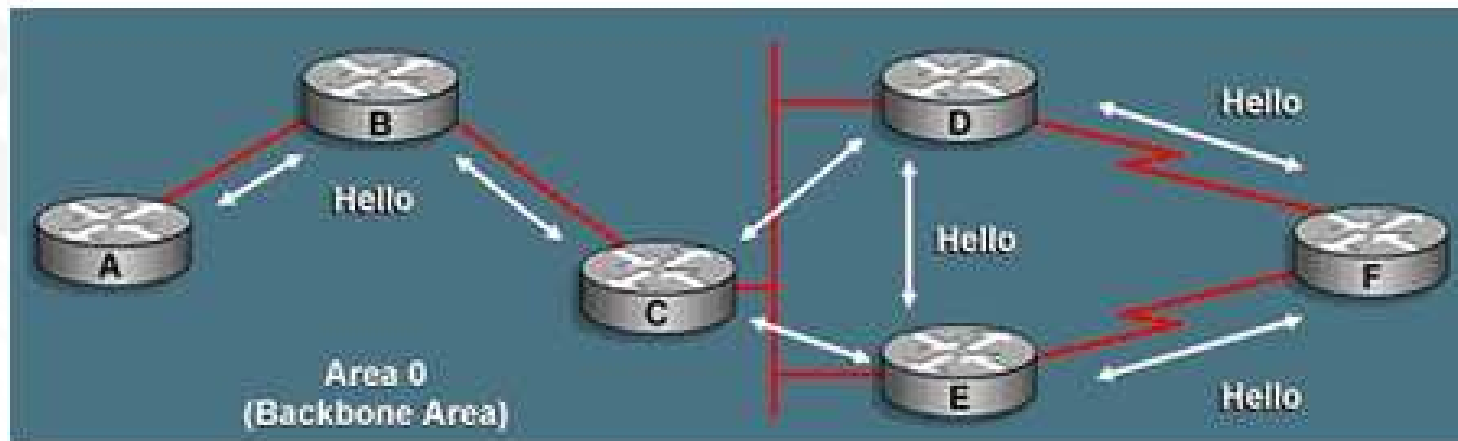
- Um outro comando importante é o que permite examinar o estado dos vizinhos ("*neighbors*") em um segmento particular:

RTD#show ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
203.250.12.1	1	2WAY/DROTHER	0:00:37	203.250.14.3	Ethernet0
203.250.15.1	1	FULL/DR	0:00:36	203.250.14.2	Ethernet0
203.250.13.41	1	FULL/BDR	0:00:34	203.250.14.1	Ethernet0

- Observe que nenhum "*Neighbor ID*" pertence ao segmento em questão; entretanto, isto não é um erro. No exemplo, 203.250.12.1 e 203.250.15.1 não estão no segmento Ethernet 0, mas isto está OK porque o "*Neighbor ID*" é, na verdade, o endereço do Router ID (que em tese poderia ser qualquer endereço IP no "box").
- RTD e RTB são apenas vizinhos, por isso é que o estado é 2WAY/DROTHER.
- RTD é adjacente a RTA e RTF, por isso estado é FULL/DR e FULL/BDR.

O Protocolo Hello



- É o meio usado pelo OSPF para verificar a continuidade de operação da rede.
- O estabelecimento de vizinhanças e a eleição do Designated Router é feita via protocolo Hello.

O Protocolo Hello

- O protocolo Hello serve, portanto, a vários propósitos:
 - Negocia os parâmetros nos quais dois roteadores devem concordar antes de se tornarem vizinhos;
 - Age como *keepalive* entre vizinhos (permite saber se vizinhos estão *up* ou *down*);
 - Garante a comunicação bidirecional;
 - Permite eleger o *Designated Router* (DR) e o *Backup Designated Router* (BDR).
- Roteadores OSPF enviam periodicamente um pacote Hello em cada interface OSPF habilitada.
- O período de envio é dado pelo parâmetro *HelloInterval* que, na implementação da Cisco, tem um valor default de 10 segundos para redes broadcast e 30 para redes NBMA.

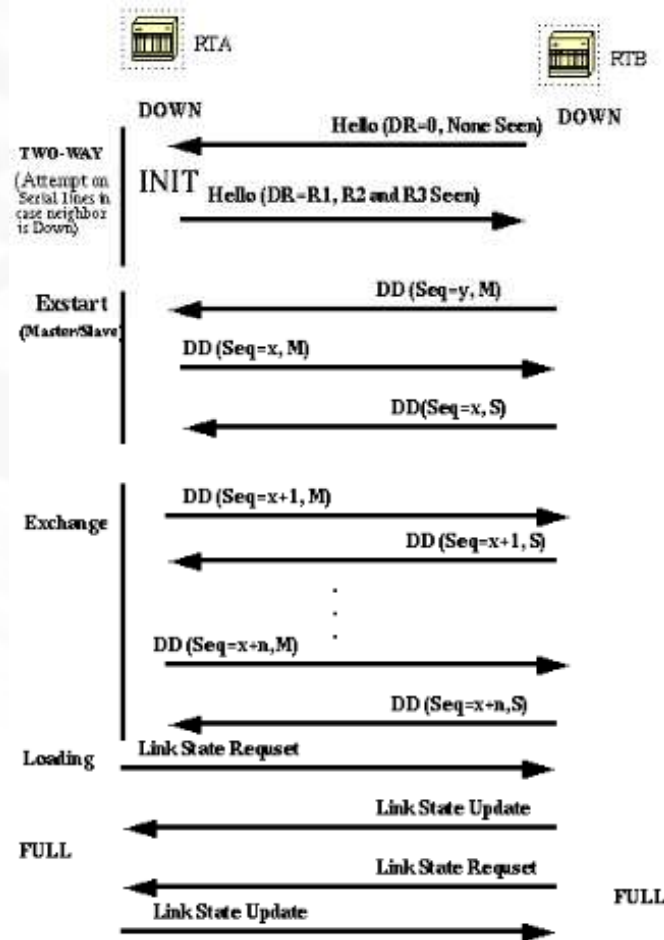
O Protocolo Hello

- O valor default para o *RouterDeadInterval* é de quatro vezes o *HelloInterval*.
- Pacotes Hello não são encaminhados e nem registrados na base de dados OSPF. Entretanto, se não forem recebidos de um vizinho particular em até 40 segundos, este vizinho é marcado como *down*. LSAs são então gerados marcando os links que passam através deste roteador como *down*.
- O *HelloInterval* deve ser consistente (o mesmo) em todos os roteadores do segmento de rede.

O Protocolo Hello

- Cada pacote Hello carrega a seguinte informação:
 - *Router ID* do roteador origem
 - *Area ID* da interface do roteador origem
 - *Address mask* da interface origem
 - *Authentication type* e *authentication information* para a interface origem.
 - *HelloInterval* da interface origem
 - *RouterDeadInterval* da interface origem
 - *Router Priority*
 - *DR e BDR*
 - Cinco *flag bits* indicando capacidades opcionais
 - *Router IDs* dos vizinhos do roteador origem. Esta lista contém apenas os roteadores dos quais *Hellos* foram ouvidos na interface de origem no último *RouterDeadInterval*.

O Processo de Sincronização das Bases de Dados



O Processo de Sincronização das Bases de Dados (cont.)

No diagrama, os roteadores no mesmo segmento passam por uma série de estados antes que tenha sucesso no estabelecimento de uma adjacência. Sempre que um roteador se vê no pacote Hello do vizinho, o seu estado muda para "**2-Way**". Neste ponto, a eleição do DR e do BDR é realizada. Um roteador continua formando uma adjacência com um vizinho se ele é um DR/BDR ou se eles estão conectados via link ponto-a-ponto ou link virtual.

No estado **Exstart** os dois vizinhos formam uma relação de Master/Slave onde eles concordam em um número de sequência inicial. Este número é usado para detectar LSAs duplicados ou velhos.

No estado **Exchange**, *Database Description Packets (DD)* são trocados. Estes são LSAs "abreviados", na forma de link-state headers. O header fornece informação suficiente para identificar o link

The header supplies enough information to identify a link. The master node sends DD packets which are acknowledged with DD packets from the slave node. All adjacencies in exchange state or greater are used by the flooding procedure. These adjacencies are fully capable of transmitting and receiving all types of OSPF routing protocol packets.

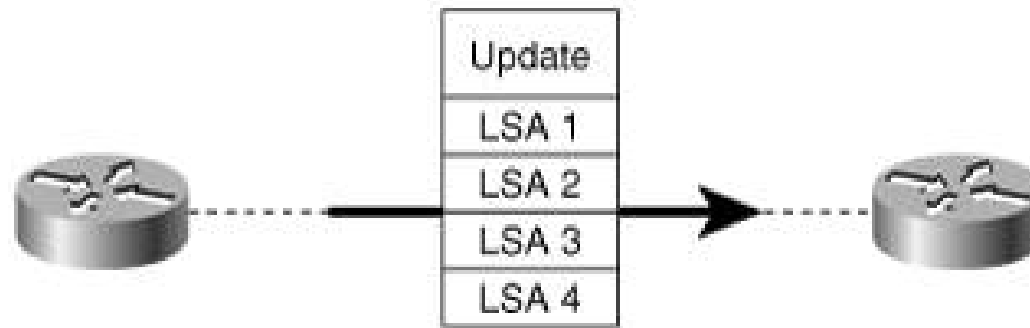
In the **Loading** state, link-state request packets are sent to neighbors, asking for more recent advertisements that have been discovered but not yet received. Each router builds a list of required LSAs to bring its adjacency up to date. Link-state update packets are sent in response to request packets. The link-state update packets will be flooded over all adjacencies.

In the **Full** state, the neighbor routers are fully adjacent. The databases for a common area are an exact match between adjacent routers.

Each LSA has an **age** field that gets periodically incremented while it is contained in the database or as it gets flooded throughout the area. When an LSA reaches a **Maxage** it gets flushed from the database if that LSA is not on any neighbors retransmission list.

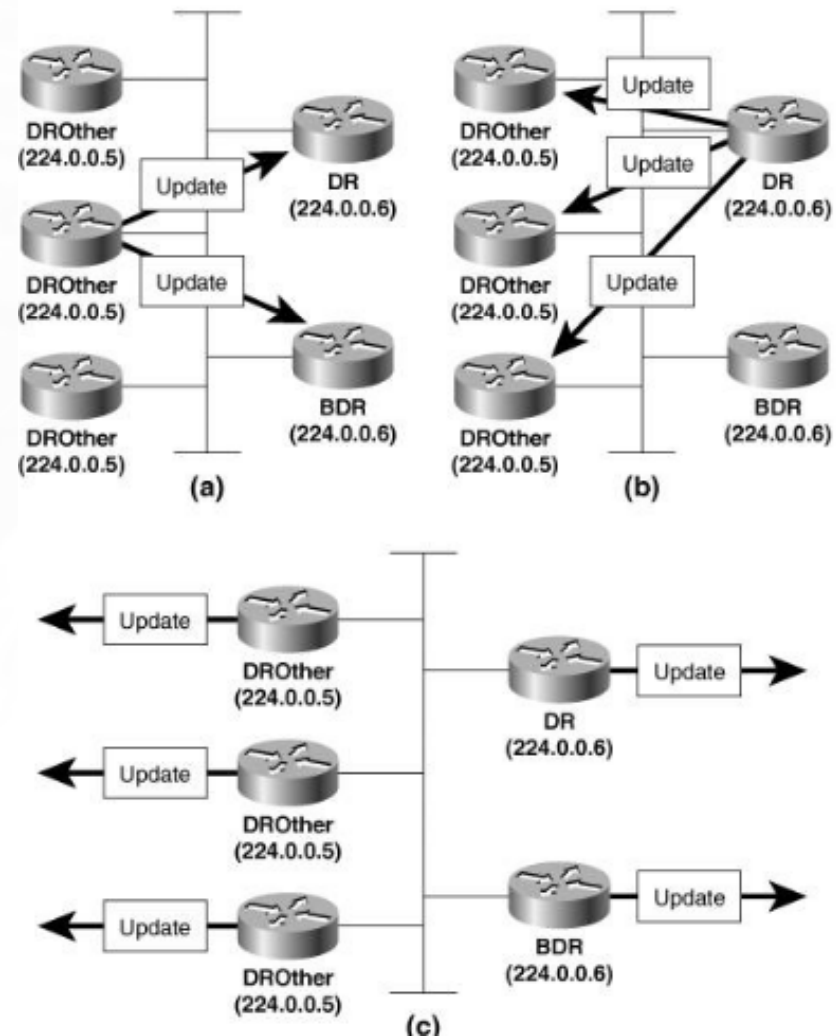
Link-State Advertisements (LSAs)

- O LSA é o meio pelo qual o OSPF comunica a topologia do roteador local para todos os outros roteadores da mesma área.
 - *Link State Update packets*
 - *Link State Acknowledgment packets*



Flooding ("Inundação")

- *Flooding* ("inundação") é o processo pelo qual LSAs são enviados através da rede, garantindo que as bases de dados de todos os nós (roteadores) e permaneça a mesma em todos os roteadores da área.



Tipos de LSAs

- O OSPF é projetado visando a escalabilidade; logo, alguns LSAs não são anunciados (*flooded*) em todas as interfaces mas apenas naquelas que pertencem às áreas apropriadas.
- Desta maneira, a informação detalhada pode ser mantida localizada, enquanto que a informação sumarizada é inundada no resto da rede.
- Como múltiplos tipos de roteadores são definidos pelo OSPF múltiplos tipos de LSAs são também necessários.

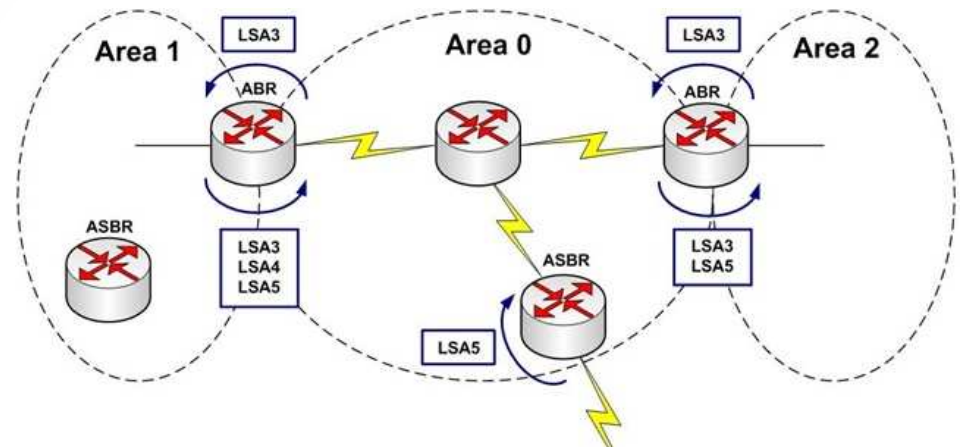
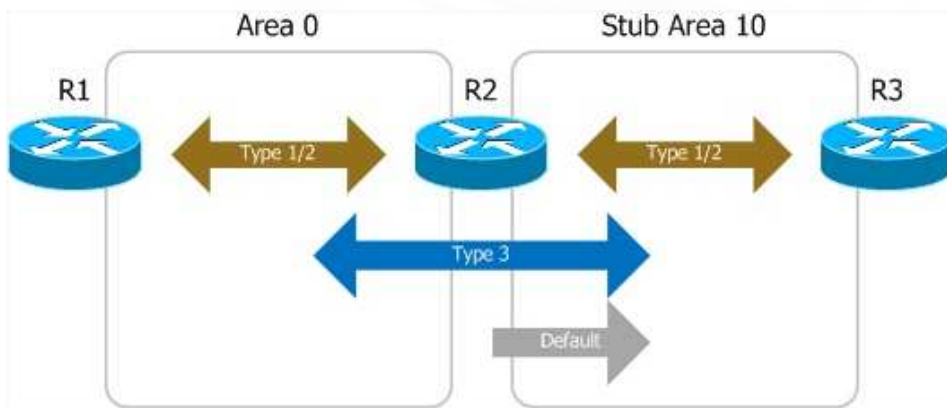
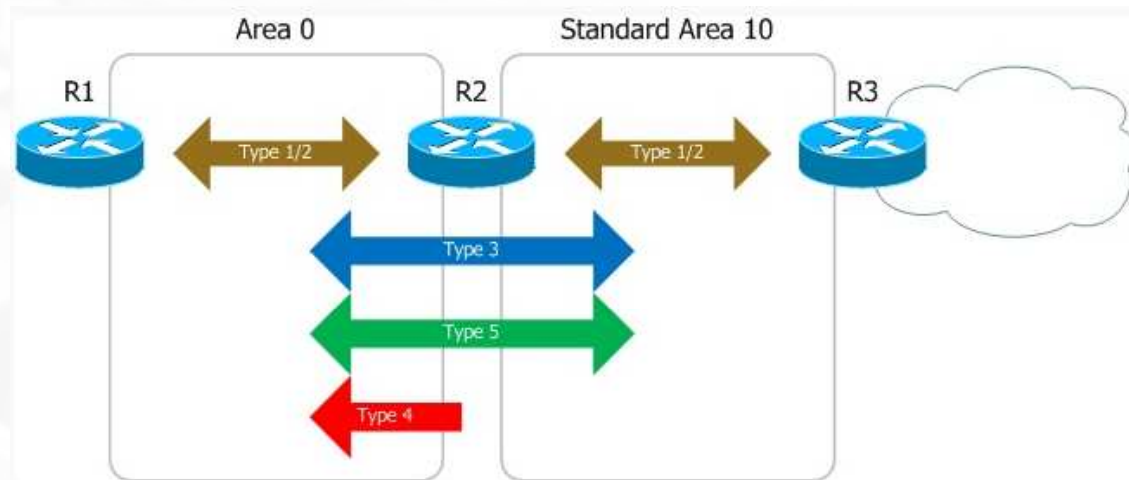
Tipos de LSAs (cont.)

- Tipo 1 - Router Links (RL):
 - São gerados por todos os roteadores. Descrevem os links para outros roteadores ou redes dentro da mesma área.
- Tipo 2 - Network Links (NL):
 - São gerados por um DR de um particular segmento. Indicam os roteadores conectados àquele segmento.
- Tipo 3 - Summary Links (SL):
 - São links inter-area. Listam redes dentro de outras áreas mas estas ainda são pertencentes ao AS. São injetados pelos ABRs e são usados para agregação entre áreas.
- Tipo 4 – ASBR Links (SL):
 - São rotas para um ASBR. Garante uma saída para outros AS.
- Tipo 5 – External Links (EL):
 - São rotas injetadas pelo ASBR no domínio OSPF.

Tipos de LSAs (cont.)

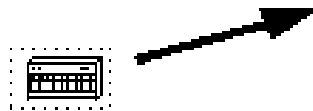
LS Type	Advertisement Description
1	Router Link advertisements. Generated by each router for each area it belongs to. They describe the states of the router's link to the area. These are only flooded within a particular area.
2	Network Link advertisements. Generated by Designated Routers. They describe the set of routers attached to a particular network. Flooded in the area that contains the network.
3 or 4	Summary Link advertisements. Generated by Area Border routers. They describe inter-area (between areas) routes. Type 3 describes routes to networks, also used for aggregating routes. Type 4 describes routes to ASBR.
5	AS external link advertisements. Originated by ASBR. They describe routes to destinations external to the AS. Flooded all over except stub areas.

Tipos de LSAs (cont.)



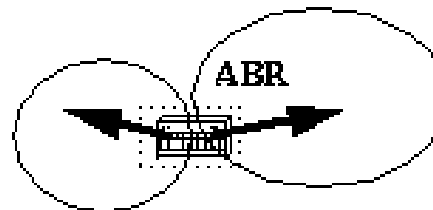
Tipos de LSAs (cont.)

Router Links



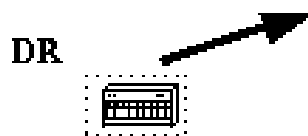
Describe the state and cost of the router's links (interfaces) to the area (Intra-area).

Summary Links



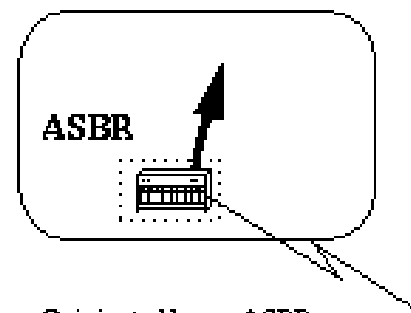
Originated by ASBRs only. Describe networks in the AS but outside of an Area (Inter-area). Also describe the location of the ASBR.

Network Links



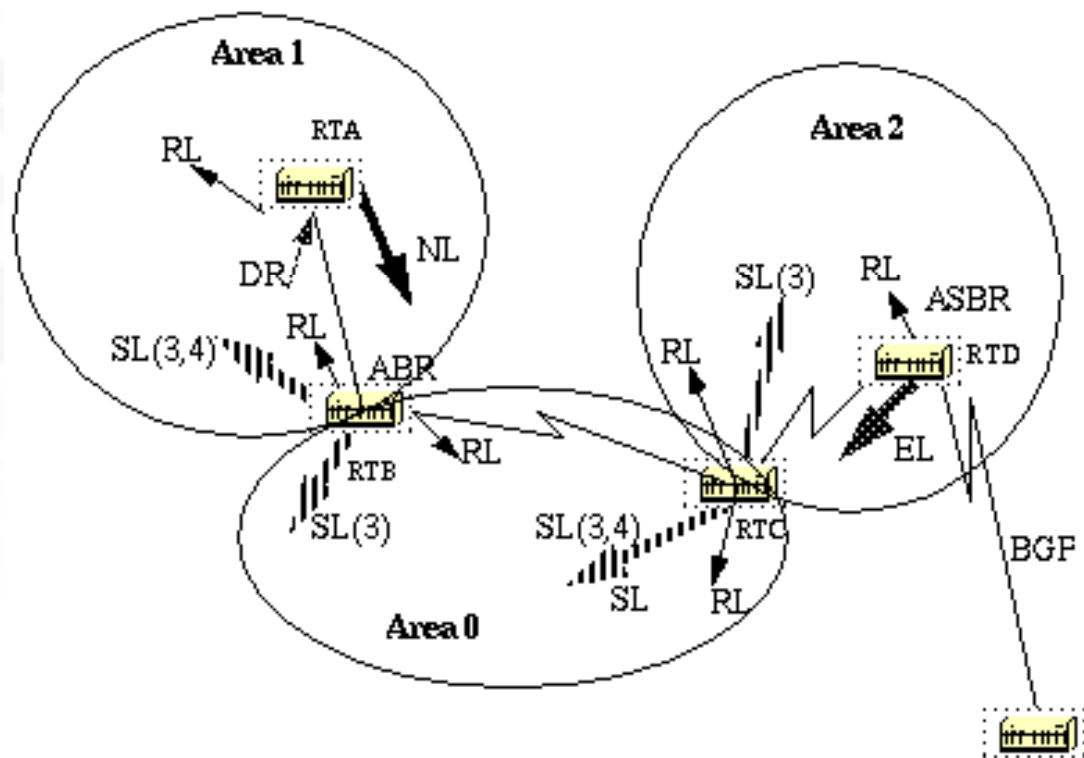
Originated for multi-access segments with more than one attached router. Describe all routers attached to the specific segment. Originated by a Designated Router (discussed later on).

External Links



Originated by an ASBR. Describe destinations external the autonomous system or a default route to the outside AS.

Exemplo



Exemplo (cont.)

- RTA gera um router link (RL) na área 1. Ele também gera um network link já que por acaso ele também é o DR neste particular segmento.
- RTB é um ABR. Ele gera um RL na área 1 e na área 0, bem como links de sumarização nas áreas 1 e 0. Esses links são as listas de redes que são intercambiadas entre as duas áreas. Um ASBR summary link também é injetado por RTB na área 1. Esta é uma indicação da existência de RTD (o roteador ASBR).
- Similarmente, RTC, que é também um outro ABR, gera RL para as áreas 0 e 2 e um SL (3) na área 2, já que ele não está anunciando nenhum ASBR, e um SL (3,4) na área 0 anunciando RTD.
- RTD gera um RL para a área 2 e um EL para rotas externas aprendidas via BGP. Estas rotas serão anunciadas em todo o domínio.

A Base de Dados de Link-State

- A base de dados topológica do OSPF é mais conhecida como *link-state database*. Este grande banco de dados consiste de todos os LSAs válidos que o roteador recebeu.
- Os LSAs coletados formam, portanto, a base de dados topológica do OSPF, e definem um grafo da topologia da área. Mudanças na topologia da rede ocasionarão mudanças nesta base de dados.
- Cada roteador calcula a sua árvore de menor custo a partir desta base de dados; assim, é imperativo para um roteamento acurado que todos os *link-state database* sejam idênticos.
- A lista de LSAs no *link-state database* pode ser examinada por meio do comando
 - # **show ip ospf database** (mostra toda a base de dados)
 - #**show ip ospf database database-summary** (mostra um resumo)
- No exemplo a seguir, o banco de dados contém LSAs de múltiplas áreas, indicando que o roteador é um ABR.

Homer#show ip ospf database**Exemplo**

OSPF Router with ID (192.168.30.50) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
192.168.30.10	192.168.30.10	1010	0x80001416	0xA818	3
192.168.30.20	192.168.30.20	677	0x800013C9	0xDE18	3
192.168.30.70	192.168.30.70	857	0x80001448	0xFD79	3
192.168.30.80	192.168.30.80	1010	0x800014D1	0xEB5C	5

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
192.168.17.18	192.168.30.20	677	0x800001AD	0x849A
192.168.17.34	192.168.30.60	695	0x800003E2	0x4619
192.168.17.58	192.168.30.40	579	0x8000113C	0xF0D
192.168.17.73	192.168.30.70	857	0x8000044F	0xB0E7

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
172.16.121.0	192.168.30.60	421	0x8000009F	0xD52
172.16.121.0	192.168.30.70	656	0x8000037F	0x86A
10.63.65.0	192.168.30.10	983	0x80000004	0x1EAA
10.63.65.0	192.168.30.80	962	0x80000004	0x780A

Exemplo (cont.)

Summary ASB Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
192.168.30.12	192.168.30.20	584	0x80000005	0xFC4C
192.168.30.12	192.168.30.30	56	0x80000004	0x45BA
172.20.57.254	192.168.30.70	664	0x800000CE	0xF2CF
172.20.57.254	192.168.30.80	963	0x80000295	0x23CC

Router Link States (Area 4)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
192.168.30.14	192.168.30.14	311	0x80000EA5	0x93A0	7
192.168.30.24	192.168.30.24	685	0x80001333	0x6F56	6
192.168.30.50	192.168.30.50	116	0x80001056	0x42BF	2
192.168.30.54	192.168.30.54	1213	0x80000D1F	0x3385	2

Summary Net Link States (Area 4)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
172.16.121.0	192.168.30.40	1231	0x80000D88	0x73BF
172.16.121.0	192.168.30.50	34	0x800003F4	0xF90D
10.63.65.0	192.168.30.40	1240	0x80000003	0x5110
10.63.65.0	192.168.30.50	42	0x80000005	0x1144

Summary ASB Link States (Area 4)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
192.168.30.12	192.168.30.40	1240	0x80000006	0x6980
192.168.30.12	192.168.30.50	42	0x80000008	0xC423
172.20.57.254	192.168.30.40	1241	0x8000029B	0xEED8
172.20.57.254	192.168.30.50	43	0x800002A8	0x9818

Exemplo (cont.)

AS External Link States

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Tag
10.83.10.0	192.168.30.60	459	0x80000D49	0x9C0B	0
10.1.27.0	192.168.30.62	785	0x800000EB	0xB5CE	0
10.22.85.0	192.168.30.70	902	0x8000037D	0x1EC0	65502
10.22.85.0	192.168.30.80	1056	0x800001F7	0x6B4B	65502

Homer#show ip ospf database database-summary

OSPF Router with ID (192.168.30.50) (Process ID 1)

Area ID	Router	Network	Sum-Net	Sum-ASBR	Subtotal	Delete	Maxage
0	8	4	185	27	224	0	0
4	7	0	216	26	249	0	0
5	7	0	107	13	127	0	0
56	2	1	236	26	265	0	0
AS External					580	0	
Total	24	5	744	92	1445		

Examinando a Tabela: *Sequencing, Checksums e Aging*

- Each LSA contains three values that are used to ensure that the most recent copy of the LSA exists in every database. These values are sequence number, checksum, and age.
- OSPF uses a 32-bit signed, linear sequence number space ranging from InitialSequenceNumber (0x80000001) to MaxSequenceNumber (0x7fffffff). When a router originates an LSA, the router sets the LSA's sequence number to InitialSequenceNumber. Each time the router produces a new instance of the LSA, the router increments the sequence number by one.
- If the present sequence number is MaxSequenceNumber and a new instance of the LSA must be created, the router must first flush the old LSA from all databases. This is done by setting the age of the existing LSA to MaxAge (defined later in this section) and reflooding it over all adjacencies. As soon as all adjacent neighbors have acknowledged the prematurely aged LSA, the new instance of the LSA with a sequence number of InitialSequenceNumber may be flooded.

Examinando a Tabela: *Sequencing, Checksums e Aging* (cont.)

- The checksum is calculated over the entire LSA with the exception of the Age field (which changes as the LSA passes from node to node and would therefore require recalculation of the checksum at each node). The checksum of each LSA is also verified every five minutes as it resides in the link-state database, to ensure that it has not been corrupted in the database.
- The age is an unsigned 16-bit integer that indicates the age of the LSA in seconds. The range is 0 to 3600 (one hour, known as MaxAge). When a router originates an LSA, the router sets the age to 0. As the flooded LSA transits a router, the age is incremented by a number of seconds specified by InfTransDelay. Cisco routers have a default InfTransDelay of one second, which can be changed with the command `ip ospf transmit-delay`. The age is also incremented as it resides in the database.
- When an LSA reaches MaxAge, the LSA is reflooded and then flushed from the database. When a router needs to flush an LSA from all databases, it prematurely sets the age to MaxAge and refloods it. Only the router that originated the LSA can prematurely age it.

Examinando a Tabela: *Sequencing, Checksums e Aging* (cont.)

```
Manet#show ip ospf database
```

```
  OSPF Router with ID (192.168.30.43) (Process ID 1)
```

```
    Router Link States (Area 3)
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link Count
192.168.30.13	192.168.30.13	910	0x80000F29	0xA94E	2
192.168.30.23	192.168.30.23	1334	0x80000F55	0x8D53	3
192.168.30.30	192.168.30.30	327	0x800011CA	0x523	8
192.168.30.33	92.168.30.33	70	0x80000AF4	0x94DD	3
192.168.30.43	92.168.30.43	1697	0x80000F2F	0x1DA1	2

Examinando a Tabela: Link-State ID

- Ao se examinar o banco de dados OSPF em detalhe aparecem diferentes palavras-chave como *Link-state ID*, *Link-ID* e *Link-Data*. Esses termos causam confusão à medida que o valor de cada um deles depende tanto do estado do link como também do tipo de link.
- O Link-State ID define a identidade do LSA e é dependente do tipo de LSA. Pode então assumir os seguintes valores:
 - Router Links (tipo 1) – são identificados pelo Router ID (RID) do roteador que origina o anúncio.
 - Network Links (tipo 2) – são identificados pelo endereço IP do DR.
 - Summary Links (tipo 3) – são identificados pelos endereços IP dos destinos que ele aponta.
 - ASBR Summary Links – (tipo 4) são identificados pelo RID do ASBR.
 - External Links (tipo 5) – são identificados pelos endereços IP das redes externas que estão sendo apontadas.

Examinando a Tabela: Link-State ID (cont.)

LS Type	Link State ID (In the high level view of the database when referencing a router this is called Link ID)
1	The originating Router's Router ID (RID).
2	The IP interface address of the network's Designated Router.
3	The destination network number.
4	The router ID of the described AS boundary router.
5	The external network number.

Examinando a Tabela: Link ID

- Link ID é a identidade do link propriamente dita. Depende do tipo de link disponível. Os seguintes tipos de link são definidos:
 - **Transit links:**
 - Interfaces conectadas a redes que têm mais de um roteador. Um *transit link* é identificado pelo endereço IP do DR (*designated router*).
 - **Stub network links:**
 - Um segmento *stub* é um segmento que possui apenas um roteador nele conectado. Um segmento Ethernet ou Token Ring que tenha apenas um roteador conectado é considerado um *link* para uma *stub network*. Uma interface *loopback* é também considerada um *link* para uma *stub network* com máscara 255.255.255.255 (*host route*).
 - *Stub links* são identificados pelo endereço IP da interface para a *stub network*.
 - **Point-to-point links:**
 - São conexões físicas ou lógicas ponto-a-ponto. Um *link* ponto-a-ponto é identificado pelo RID do vizinho no *link*.
 - **Virtual links:**
 - Como visto, são *links* lógicos que conectam áreas que não tem conexão física ao *backbone*. *Links* virtuais são tratados como *point-to-point links*.

Examinando a Tabela: Link ID (cont.)

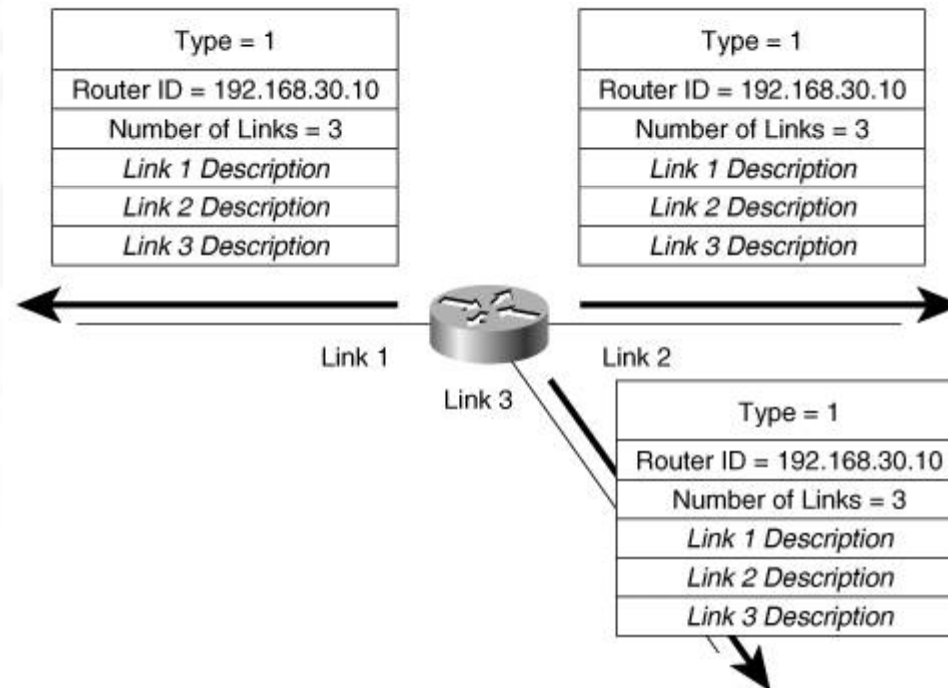
Link Type	Link ID (This applies to individual Links)
Point-to-Point	Neighbor Router ID
Link to transit network	Interface address of DR
Link to stub network (In case of loopback mask is 255.255.255.255)	Network/subnet number
Virtual Link	Neighbor Router ID

Examinando a Tabela: Link Data

- É o endereço IP do link, exceto para rede *stub* onde o *link data* é a máscara de rede.

Link Type	Link Data
Stub network	Network Mask
Other networks (applies to router links only)	Router's associated IP interface address

Anúncio de LSA Tipo 1



```
Homer#show ip ospf database router 192.168.30.10
```

```
OSPF Router with ID (192.168.30.50) (Process ID 1)
  Router Link States (Area 0)
```

```
Routing Bit Set on this LSA
```

```
LS age: 680
```

```
Options: (No TOS-capability)
```

```
LS Type: Router Links
```

```
Link State ID: 192.168.30.10
```

```
Advertising Router: 192.168.30.10
```

```
LS Seq Number: 80001428
```

```
Checksum: 0x842A
```

```
Length: 60
```

```
Area Border Router
```

```
Number of Links: 3
```

```
Link connected to: another Router (point-to-point)
```

```
(Link ID) Neighboring Router ID: 192.168.30.80
```

```
(Link Data) Router Interface address: 192.168.17.9
```

```
Number of TOS metrics: 0
```

```
TOS 0 Metrics: 64
```

```
Link connected to: a Stub Network
```

```
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.17.8
```

```
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.248
```

```
Number of TOS metrics: 0
```

```
TOS 0 Metrics: 64
```

```
Link connected to: a Transit Network
```

```
(Link ID) Designated Router address: 192.168.17.18
```

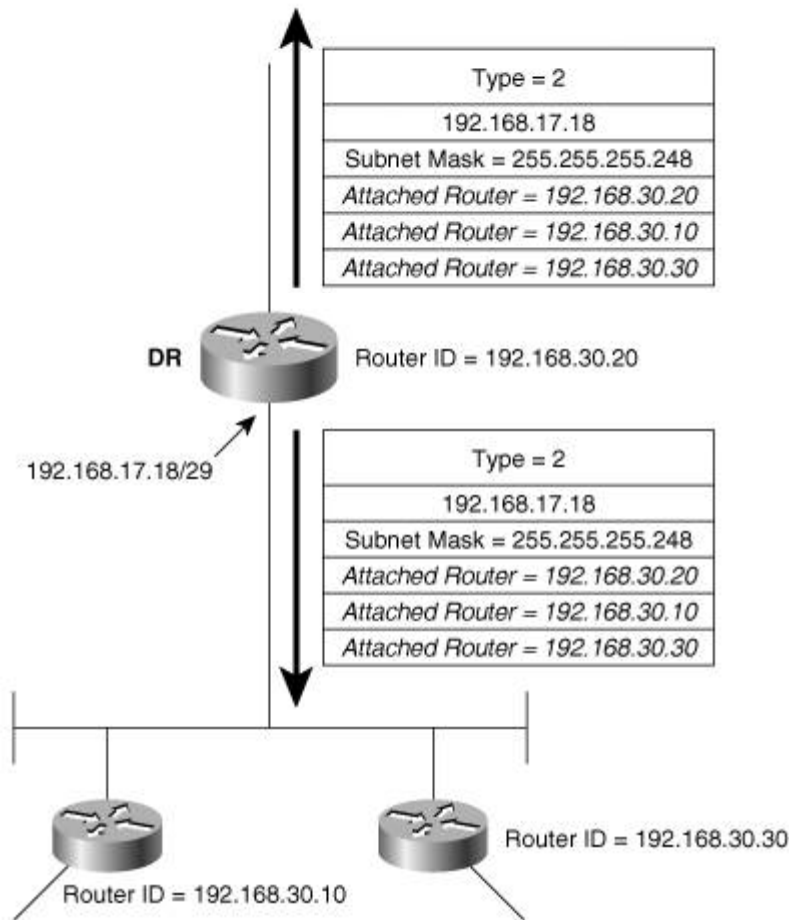
```
(Link Data) Router Interface address: 192.168.17.17
```

```
Number of TOS metrics: 0
```

```
TOS 0 Metrics: 10
```

Anúncio de LSA Tipo 1 (cont.)

Anúncio de LSA Tipo 2



Homer#show ip ospf database network 192.168.17.18

OSPF Router with ID (192.168.30.50) (Process ID 1)

Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 244

Options: (No TOS-capability)

LS Type: Network Links

Link State ID: 192.168.17.18 (address of Designated Router)

Advertising Router: 192.168.30.20

LS Seq Number: 800001BF

Checksum: 0x60AC

Length: 32

Network Mask: /29

Attached Router: 192.168.30.20

Attached Router: 192.168.30.10

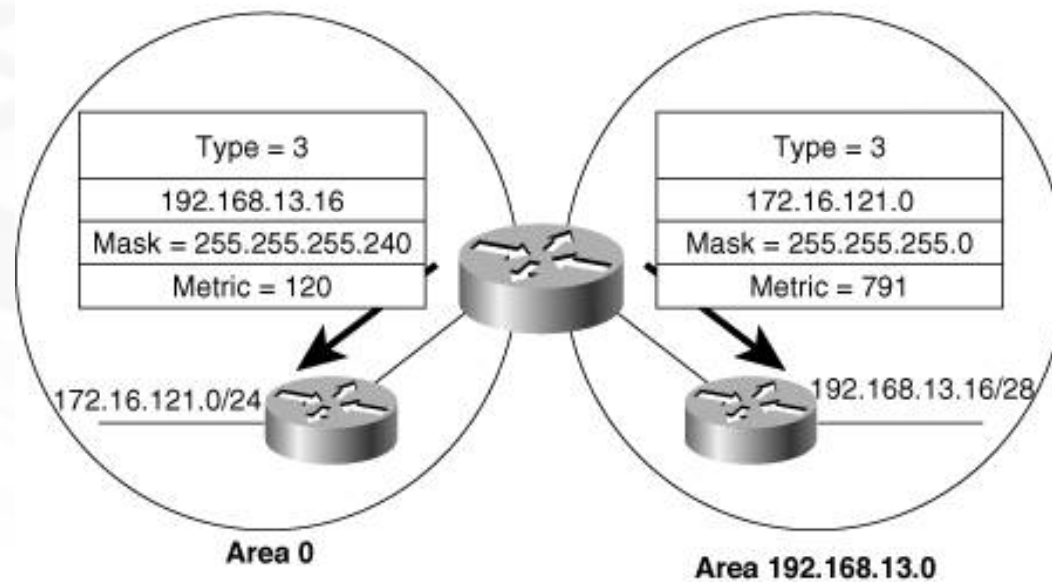
Attached Router: 192.168.30.30

Homer#

Notice that unlike the Router LSA, there is no metric field in the Network LSA. This is because, as explained earlier in this chapter, the cost from the pseudonode represented by the LSA to any attached router is always 0.

Anúncio de LSA Tipo 2 (cont.)

Anúncio de LSA Tipo 3



Anúncio de LSA Tipo 3 (cont.)

Homer#show ip ospf database network 192.168.17.18

Homer#show ip ospf database summary 172.16.121.0

OSPF Router with ID (192.168.30.50) (Process ID 1)

Summary Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 214

Options: (No TOS-capability)

LS Type: Summary Links(Network)

Link State ID: 172.16.121.0 (summary Network Number)

Advertising Router: 192.168.30.60

LS Seq Number: 800000B1

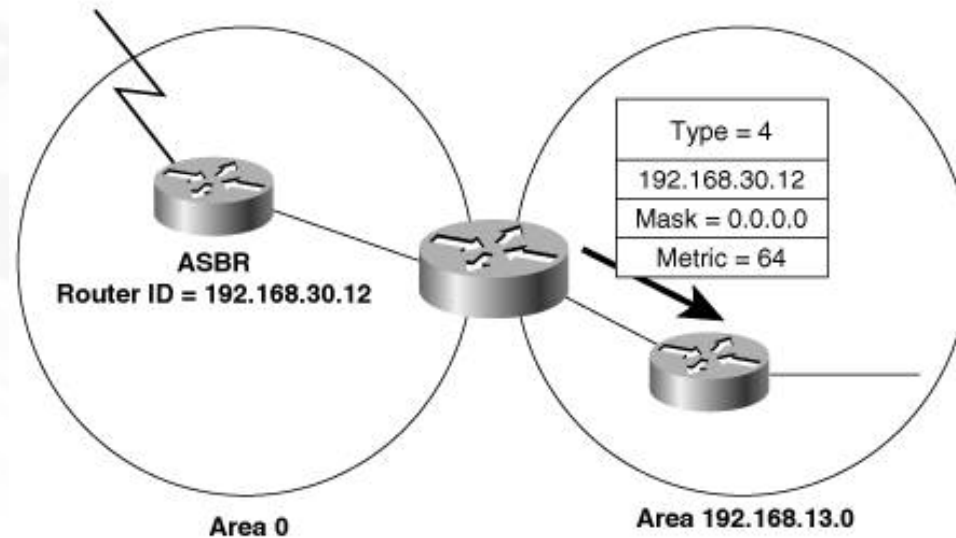
Checksum: 0xE864

Length: 28

Network Mask: /24

TOS: 0 Metric: 791

Anúncio de LSA Tipo 4



Anúncio de LSA Tipo 4 (cont.)

Homer#show ip ospf database asbr-summary

OSPF Router with ID (192.168.30.50) (Process ID 1)

Summary ASB Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 1640

Options: (No TOS-capability)

LS Type: Summary Links (AS Boundary Router)

Link State ID: 192.168.30.12 (AS Boundary Router address)

Advertising Router: 192.168.30.20

LS Seq Number: 80000009

Checksum: 0xF450

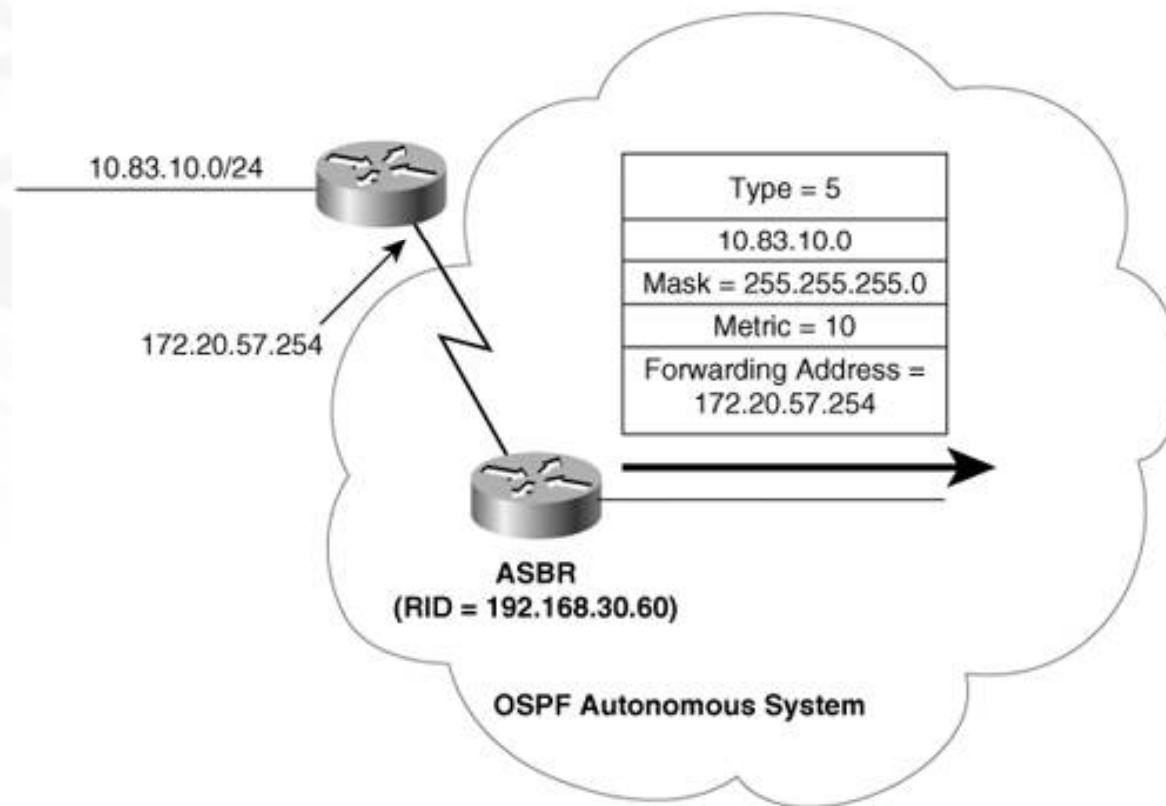
Length: 28

Network Mask: /0

TOS: 0 Metric: 64

--More-

Anúncio de LSA Tipo 5



Anúncio de LSA Tipo 5 (cont.)

Homer#show ip ospf database external 10.83.10.0

OSPF Router with ID (192.168.30.50) (Process ID 1)

AS External Link States

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 1680

Options: (No TOS-capability)

LS Type: AS External Link

Link State ID: 10.83.10.0 (External Network Number)

Advertising Router: 192.168.30.60

LS Seq Number: 80000D5A

Checksum: 0x7A1C

Length: 36

Network Mask: /24

Metric Type: 1 (Comparable directly to link state metric)

TOS: 0

Metric: 10

Forward Address: 172.20.57.254

External Route Tag: 0

Homer#

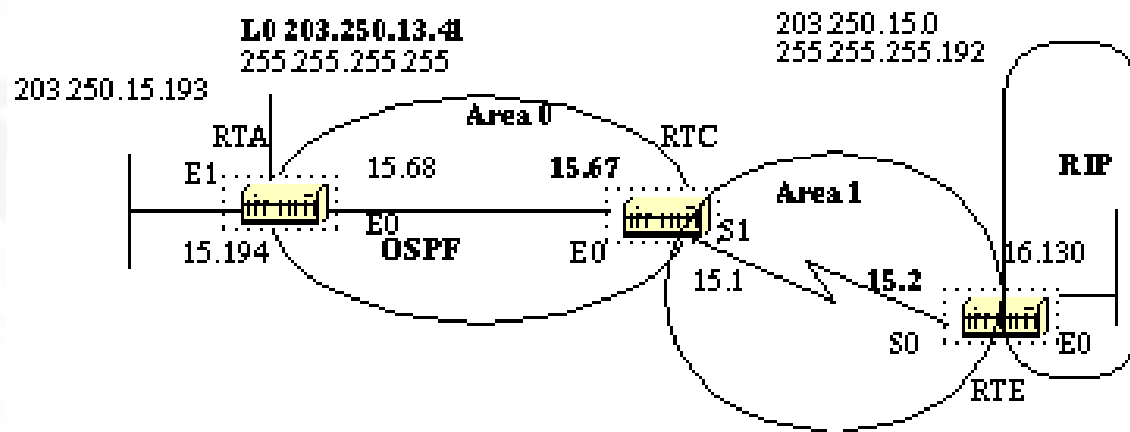
Resumo: Operação do OSPF

- Roteadores OSPF enviam pacotes do tipo "Hello" por todas as interfaces em que o OSPF está habilitado. Se dois roteadores que compartilham um segmento de dados concordam com certos parâmetros especificados nos seus respectivos pacotes "Hello" eles tornam-se *neighbors* (vizinhos).
- *Adjacencies*, which can be thought of as virtual point-to-point links, are formed between some neighbors. OSPF defines several network types and several router types. The establishment of an adjacency is determined by the types of routers exchanging Hellos and the type of network over which the Hellos are exchanged.
- Each router sends link-state advertisements (LSAs) over all adjacencies. The LSAs describe all of the router's links, or interfaces, the router's neighbors, and the state of the links. These links might be to stub networks (networks with no other router attached), to other OSPF routers, to networks in other areas, or to external networks (networks learned from another routing process). Because of the varying types of link-state information, OSPF defines multiple LSA types.

Resumo: Operação do OSPF (cont.)

- Each router receiving an LSA from a neighbor records the LSA in its link-state database and sends a copy of the LSA to all of its other neighbors.
- By flooding LSAs throughout an area, all routers will build identical link-state databases.
- When the databases are complete, each router uses the SPF algorithm to calculate a loop-free graph describing the shortest (lowest cost) path to every known destination, with itself as the root. This graph is the SPF tree.
- Each router builds its route table from its SPF tree.

Exemplo de um BD OSPF

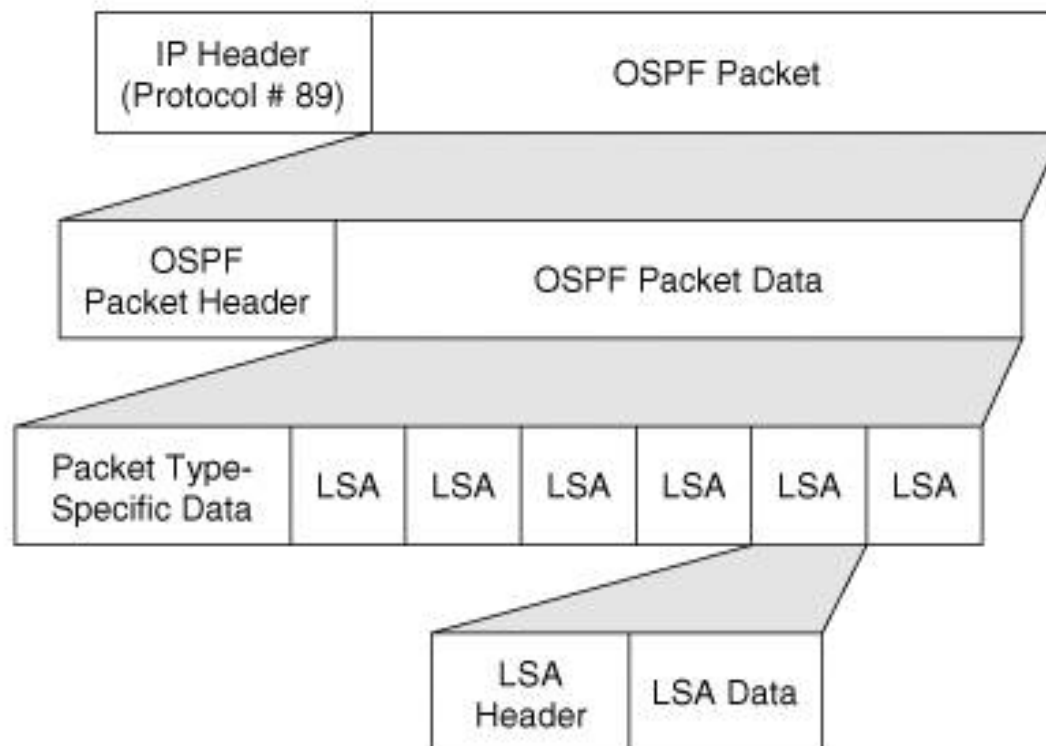


- Ver arquivo Word com a solução.

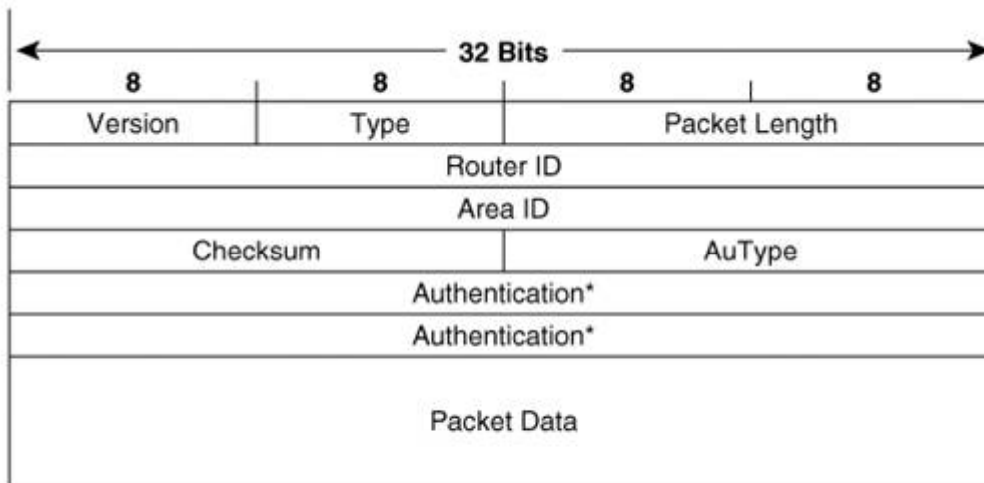
Pacotes OSPF

- Há cinco tipos distintos de pacotes OSPF. Cada um dos cinco tipos iniciam com um cabeçalho padrão de 24 bytes.
- São eles:
 - Pacote de aviso (Hello packet)
 - Pacote de informações do Banco de Dados (Database Description packet)
 - Requisição de estado de link (Link State Request packet)
 - Atualização de estado de link (Link State Update packet)
 - Recebimento de informações de link (Link State Acknowledgment packet)

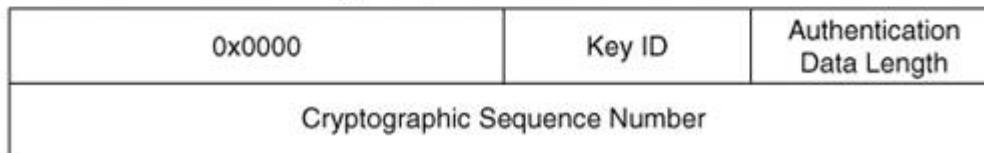
Pacotes OSPF (cont.)



OSPF Packet Header



*If AuType = 2, the Authentication field is:



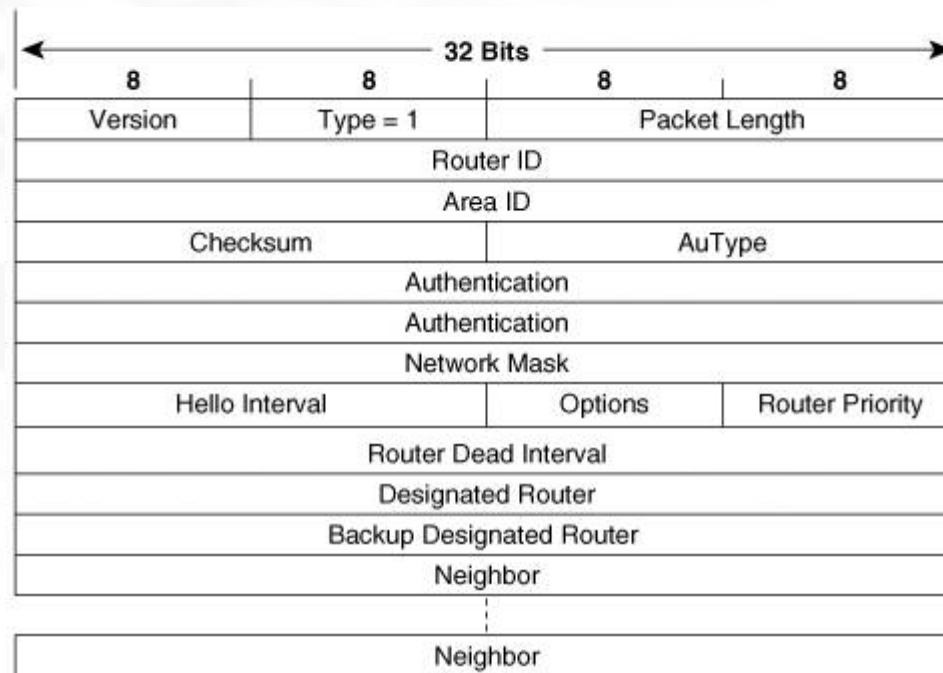
Type Code	Description
1	Hello
2	Database Description
3	Link State Request
4	Link State Update
5	Link State Acknowledgment

AuType	Authentication Type
0	Null (no authentication)
1	Simple (clear text) Password Authentication
2	Cryptographic (MD5) Checksum

OSPF Packet Header (cont.)

- *Version* is the OSPF version number. The OSPF version number is 2. There is an OSPF version 3, created for routing IPv6.
- *Type* specifies the packet type following the header. The table lists the five packet types by the number appearing in the Type field.
- Packet length is the length of the OSPF packet, in octets, including the header.
- Router ID is the ID of the originating router.
- Area ID is the area from which the packet originated. If the packet is sent over a virtual link, the Area ID will be 0.0.0.0, the backbone Area ID, because virtual links are considered part of the backbone.
- Checksum is a standard IP checksum of the entire packet, including the header.
- AuType is the authentication mode being used.

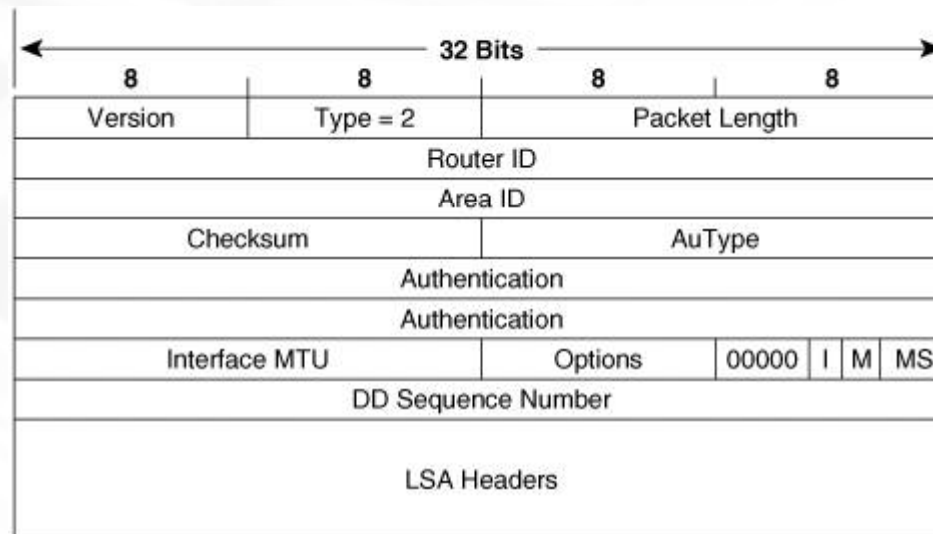
OSPF Hello Packet



OSPF Hello Packet (cont.)

- **Network Mask** is the address mask of the interface from which the packet was sent. If this mask does not match the mask of the interface on which the packet is received, the packet will be dropped. This technique ensures that routers become neighbors only if they agree on the exact address of their shared network.
- **Hello Interval**, as discussed earlier, is the period, in seconds, between transmissions of Hello packets on the interface. If the sending and receiving routers don't have the same value for this parameter, they do not establish a neighbor relationship.
- Options are described in "Options Field," later in this chapter. This field is included in the Hello packet to ensure that neighbors have compatible capabilities. A router might reject a neighbor because of a capabilities mismatch.
- **Router Priority** is used in the election of the DR and BDR. If set to zero, the originating router is ineligible to become the DR or BDR.
- **Router Dead Interval** is the number of seconds the originating router will wait for a Hello from a neighbor before declaring the neighbor dead. If a Hello is received in which this number does not match the RouterDeadInterval of the receiving interface, the packet is dropped. This technique ensures that neighbors agree on this parameter.
- **Designated Router** is the IP address of the interface of the DR on the network (not its Router ID). During the DR election process, this may only be the originating router's idea of the DR, not the finally elected DR. If there is no DR (because one has not been elected or because the network type does not require DRs), this field is set to 0.0.0.0.
- **Backup DR** is the IP address of the interface of the BDR on the network. Again, during the DR election process, this may only be the originating router's idea of the BDR. If there is no BDR, this field is set to 0.0.0.0.
- **Neighbor** is a recurring field that lists all RIDs of all neighbors on the network from which the originating router has received a valid Hello in the past RouterDeadInterval.

OSPF Database Description Packet (DD)



OSPF Database Description Packet (DD) (cont.)

- Interface MTU is the size, in octets, of the largest IP packet that can be sent out the originator's interface without fragmentation. This field is set to 0x0000 when the packet is sent over virtual links.
- Options are described in "Options Field," later in this chapter. The field is included in the Database Description packet so that a router may choose not to forward certain LSAs to a neighbor that doesn't support the necessary capabilities.
- The first five bits of the next octet are unused and are always set to 00000b.
- I-bit, or Initial bit, is set to 1 when the packet is the initial packet in series of DD packets. Subsequent DD packets have I-bit = 0.
- M-bit, or More bit, is set to 1 to indicate that the packet is not the last in a series of DD packets. The last DD packet has M-bit = 0.
- MS-bit, or Master/Slave bit, is set to 1 to indicate that the originator is the master (that is, is in control of the polling process) during a database synchronization. The slave has MS-bit = 0.
- DD Sequence Number ensures that the full sequence of DD packets is received in the database synchronization process. The sequence number is set by the master to some unique value in the first DD packet, and the sequence is incremented in subsequent packets.

Cisco default interface costs

Interface Type	Cost (10^8 /BW)
FDDI, Fast Ethernet, any interface > 100M	1
HSSI (45M)	2
16M Token Ring	6
Ethernet	10
4M Token Ring	25
T1 (1.544M)	64
DS0 (64K) ^[*]	1562
56K ^[*]	1785
Tunnel (9K)	11111

Redistribuindo Rotas no Domínio OSPF

- A redistribuição de rotas para dentro de um domínio OSPF, tanto de outros protocolos de roteamento como de rotas estáticas, faz com que essas rotas sejam tratadas como rotas externas.
- Para redistribuir rotas dentro do OSPF é usado o seguinte comando, em modo de configuração:

redistribute *protocol* [*process-id*] [**metric** *value*] [**metric-type** *value*] [**route-map** *map-tag*] [**subnets**]

- *protocol*: protocolo que está sendo injetado no OSPF
- *process-id*: identificação do processo, se existe.
- *metric*: custo assinalado à rota. Se nenhuma métrica é especificada, o OSPF coloca um valor default de 20 para todos os protocolos, exceto para rotas do BGP, que ganham uma métrica de valor 1.
- *route-map*: é uma método usado para controlar a redistribuição de rotas entre domínios. O formato de um route-map é: **route-map** *map-tag* [[*permit* | *deny*] | [*sequence-number*]]
- *subnets*: diz ao OSPF para redistribuir todas as rotas de subredes. Se não for colocada apenas as rotas que não são subnetadas serão redistribuídas.

Redistribuindo Rotas entre RIP e OSPF

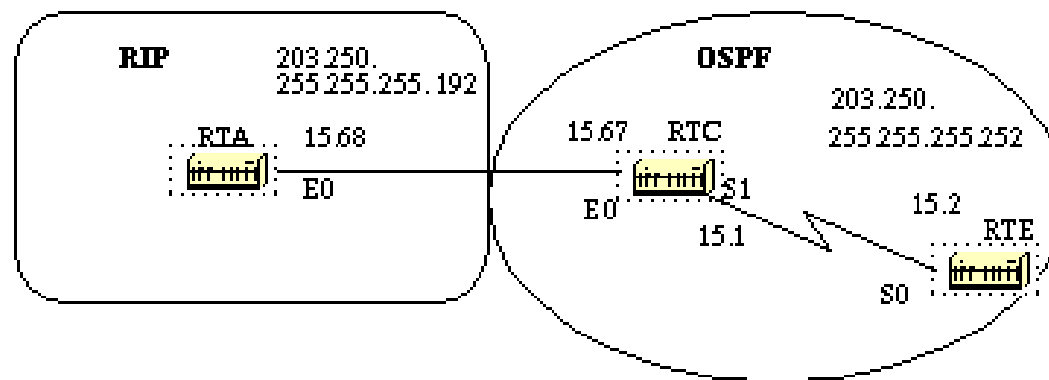
- Rotas RIP redistribuídas dentro do OSPF

```
router ospf 109  
redistribute rip subnets
```

- Rotas OSPF redistribuídas dentro do RIP:

```
router rip  
redistribute ospf 109 match internal external 1 external 2  
default-metric 10
```

Redistribuindo Rotas entre RIP e OSPF



Na figura acima, RTE está rodando OSPF e RTA roda RIP. O roteador RTC está fazendo a redistribuição entre os dois protocolos. O problema deste exemplo é que a rede classe C 203.250.15.0 está subnetada com VLSM e, por isso, possui duas sub-redes com diferentes máscaras (255.255.255.252 e 255.255.255.192) em diferentes domínios.

Redistribuindo Rotas entre RIP e OSPF (cont.)

RTA#

```
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192
router rip
 network 203.250.15.0
```

RTE#show ip route

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

RTC#

```
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.67 255.255.255.192

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252
router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0
router rip
 redistribute ospf 10 metric 2
 network 203.250.15.0
```

Gateway of last resort is not set

```
203.250.15.0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C   203.250.15.0 255.255.255.252 is directly connected, Serial0
O   203.250.15.64 255.255.255.192
    [110/74] via 203.250.15.1, 00:15:55, Serial0
```

RTA#show ip route

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

Gateway of last resort is not set

```
203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 1 subnets
C   203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0
```

Redistribuindo Rotas entre RIP e OSPF (cont.)

- Note que RTE reconheceu que a rede 203.250.15.0 tem duas sub-redes enquanto que RTA pensa que ela possui apenas uma (aquela configurada na interface). A informação sobre a sub-rede 203.250.15.0 255.255.255.252 é perdida no domínio RIP.
- A fim de alcançar esta sub-rede uma rota estática tem que ser configurada em RTA.

```
RTA# interface Ethernet0
      ip address 203.250.15.68 255.255.255.192
      router rip
        network 203.250.15.0
      ip route 203.250.15.0 255.255.255.0 203.250.15.67
```

- Deste modo, RTA será capaz de alcançar as outras sub-redes.

Autenticação

- O OSPF permite a autenticação de pacotes de forma que roteadores podem participar de domínios de roteamento baseados em senhas pré-definidas. Por default, OSPF não utiliza esquemas de autenticação. Basicamente, existem dois métodos de autenticação que podem ser utilizados:
- (a) Autenticação Simples:
 - Permite que chaves sejam configuradas por área OSPF. Roteadores de uma mesma área que desejarem participar do processo de roteamento devem ser configurados com a mesma chave. A desvantagem deste método é que as chaves são trocadas pela rede, podendo ser facilmente interceptadas.
 - Exemplo:

```
interface Ethernet0
    ip address 10.10.10.10 255.255.255.0
    ip ospf authentication-key minhasenha
router ospf 10
    network 10.10.0.0 0.0.255.255 area 0
    area 0 authentication
```

Autenticação (cont.)

- (b) Autenticação Forte (MD-5)

- Neste método, uma chave e uma senha são configurados em cada roteador. O roteador usa então um algoritmo baseado no próprio pacote OSPF, na chave e no ID da chave para gerar um "*message digest*", que é inserido no pacote. Este método permite a troca de senha sem a interrupção da comunicação.

- Exemplo:

```
interface Ethernet0
    ip address 10.10.10.10 255.255.255.0
    ip ospf message-digest-key 10 md5 mypassword
router ospf 10
    network 10.10.0.0 0.0.255.255 area 0
    area 0 authentication message-digest
```