

域内路由:

在一个 OSPF 区域内的路由。

**NSSA (not-so-stubby area, 次末节区域):**

一种 OSPF 区域, 其行为与末节区域相似, 但允许类型 7 LSA 形式的外部路由信息在该区域中被扩散。

**标准区域:**

在 OSPF 中, 既不是主干区域, 也不是末节区域、完全末节区域或 NSSA 的区域。

**末节区域:**

不允许扩散外部路由信息 (类型 5 或类型 7 LSA) 的 OSPF 区域。

**完全末节区域:**

一种 Cisco 专有特性, 它配置了一种不允许汇总 LSA (类型 3 和类型 4) 的末节区域。

**虚拟链路:**

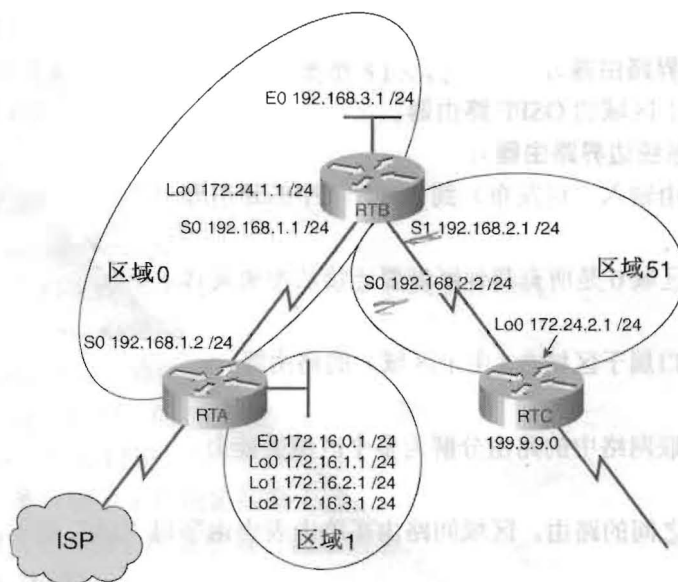
穿过转接区域为非直连 OSPF 区域和主干区域 (区域 0) 提供的逻辑连接。

## 5.11 实验室练习

下面的 4 个实验室练习是设计用于为我们提供对本章所讨论重要概念的实际动手经验。在实验 5-1 中, 我们将学习建立多区域 OSPF。实验 5-2 指导我们配置一个末节区域和完全末节区域。在实验 5-3 中, 我们将配置一个 NSSA。最后, 我们将在实验 5-4 中配置一条虚拟链路。

这些实验练习中还含有围绕着关键概念的一些问题, 对这些问题的答案请参见附录 B 的“实验室练习问题答案”。

### 5.11.1 实验 5-1: 多区域 OSPF



### 1. 目标

在这个实验中，我们将配置多区域 OSPF 运行、区域间路由归纳、外部路由归纳和缺省路由。

### 2. 背景

XYZ 公司维护着一个复杂的 OSPF 环境，它要求我们设计一个多区域方案来满足其需求。我们将在 XYZ 公司的关键路由器上配置多区域 OSPF。

### 3. 步骤

在开始这个实验前，建议在删除各路由器的初始配置后再重新启动路由器。这样可以防止由残留配置所造成的问题。在我们准备好设备后，进行步骤 1。

步骤 1：根据前面的图示组建和配置网络，但暂时先不要配置路由选择协议。注意，该实验要求使用号码为 0 的子网。现在可以暂时不理睬网络 199.9.9.0/24 和 ISP 网络云图。

按上图所示为每台路由器配置环回接口 IP 地址。注意要为路由器 RTA 配置多个环回接口 (Lo0、Lo1 和 Lo2)。这些环回接口用于模拟多个网络（它们随后将被归纳）。

用“ping”命令来测试所有接口之间的连通性。每台路由器都应该能 ping 到它的串行链路伙伴。

步骤 2：配置多区域 OSPF。在路由器 RTA 上，将接口 S0 配置作为区域 0 的一个成员，所有其他接口配置作为区域 1 的成员，使用下面的命令：

```
RTA(config)#router ospf 1
RTA(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
RTA(config-router)#network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 1
```

在路由器 RTB 上，将接口 S0 和 E0 配置作为区域 0 的成员，但将接口 S1 配置作为区域 51 的成员：

```
RTB(config)#router ospf 1
RTB(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
RTB(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 51
RTB(config-router)#network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0
```

最后，在路由器 RTC 上，将接口 S0 配置作为区域 51 的成员：

```
RTC(config)#router ospf 1
RTC(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 51
```

在三台路由器上发出“show ip ospf”命令。

问题 1. 根据“show ip ospf”命令的输出结果，哪台路由器是一个 ABR？

问题 2. 有 ASBR 吗？

在路由器 RTB 上发出“show ip ospf interface”命令。

问题 3. 在网络 192.168.1.0/24 上存在指定路由器 (DR) 吗？为什么存在或为什么不存在？

问题 4. 在网络 192.168.3.0/24 上存在指定路由器 (DR) 吗？为什么存在或为什么不存在？

步骤 3: 检查每台路由器的路由表。我们应该能看到 OSPF 内部区域路由, 它们由字母 “O” 指示。我们还应该看到由字母 “IA” 指示的路由。

问题 5. 字母 “IA” 代表什么?

验证我们的路由表是否完整。注意, 路由器 RTA 的环回接口地址带着一个 32 比特的掩码出现在其他路由器的路由表中。带有 32 比特掩码的路由被称为主机路由, 因为它是到一台主机的路由, 而不是到一个网络的路由。因为路由器 RTA 在通告环回接口地址, 所以 OSPF 不应该将它们作为连接着一个子网来处理。

问题 6. 在路由器 RTC 的路由表中, 有多少条主机路由?

验证连通性: 从路由器 RTC ping RTB 的接口 E0 (192.168.3.1) 和路由器 RTA 的接口 Lo2 (172.16.3.1)。

步骤 4: 在路由器 RTA 上配置区域间路由归纳。要减小路由表的大小, 我们决定在整个网络中实施区域间路由归纳。我们从配置 RTA 来归纳区域 1 中的网络地址并将归纳路由通告到区域 0 中入手。

在路由器 RTA 上, 输入下面的命令来执行区域间路由归纳:

```
RTA(config)#router ospf 1
```

```
RTA(config-router)#area 1 range 172.16.0.0 255.255.252.0
```

在配置完归纳地址之后, 检查路由器 RTB 和 RTC 的路由表。

问题 7. 对主机路由发生了什么?

问题 8. RTC 有几条主机路由?

问题 9. RTC 应该还能 ping 到 172.16.3.1。为什么?

步骤 5: 为本实验的目的, 我们配置 RTC 将一条假想路由输入到 OSPF 中。首先, 我们必须要在 RTC 上配置该假想路由。使用下面的命令:

```
RTC(config)#ip route 199.9.9.0 255.255.255.0 null0
```

```
RTC(config)#router ospf 1
```

```
RTC(config-router)#redistribute static
```

因为到网络 199.9.9.0 的路由是假想路由, 所以用空接口 null0 作为它的外出接口。“redistribute” 命令将该到网络 199.9.9.0 的静态路由输入到 OSPF 中。OSPF 将它看作是外部源, 所以 RTC 用类型 5 LSA 将该路由通告到区域 51。缺省情况下, RTC 将把该路由作为一条类型 2 (E2) 外部路由通告。

在路由器 RTC 上发出 “show ip ospf” 命令。

问题 10. 根据该命令的输出结果, RTC 是何种 OSPF 路由器类型?

现在检查一下路由器 RTB 的路由表。RTB 应该有一条 E2 型路由。

问题 11. 该路由的度量值 (OSPF 成本) 是多少?

检查一下路由器 RTA 的路由表。它也应该有该外部路由。

问题 12. 路由器 RTA 到网络 199.9.9.0/24 的度量值 (OSPF 成本) 是多少?

回到路由器 RTC 上。因为将会有一条到该外部网络的新链路上线, 我们决定让 RTC 将外部路由作为类型 1 (E1) 路由来通告。如果我们的网络被设计得让 OSPF 路由器可以有到同一个目的地的多条外部路由, 我们应该考虑使用类型 1 外部路由。要配置使用类型 1 外部路由, 在 RTC 上发出下面的命令:

RTC(config)

RTC(config)

在重新配置

由现在应该是 E

问题 13. 该

检查一下路

问题 14. 路

步骤 6: 我们

的

可以

配置 RTC 来

RTC(config)

RTC(config)

在配置了该

并安装了该超网

(注意, 在有

来只查看聚合路由

问题 15. 到

下一步, 我们

XYZ 公司的 ISP

由。

在路由器 RTA

RTA(config)

RTA(config)

关键字 “alwa

要测试我们的

出去:

RTA(config)

RTA(config)

该测试性网络

检查路由器 R

问题 16. 该缺

问题 17. 在 R

问题 18. 在 R

我们可以通过

验证该缺省路由能

收到回应。否则就

```
RTC(config)#router ospf 1
```

```
RTC(config-router)#redistribute static metric-type 1
```

在重新配置了 RTC 之后,再次检查路由器 RTB 的路由表。RTB 到网络 199.9.9.0/24 的路由现在应该是 E1 型的。

**问题 13. 该路由的度量值 (OSPF 成本) 是多少?**

检查一下路由器 RTA 到网络 199.9.9.0/24 的路由。

**问题 14. 路由器 RTA 到网络 199.9.9.0/24 的度量值 (OSPF 成本) 是多少?**

步骤 6: 我们还可以配置 RTC 让它对外部路由进行归纳,以防止对其他 OSPF 带来较大的路由负担。在本例中,假设路由器 RTC 被连接到多个外部 C 类网络,它们可以被前缀 199.9.0.0/16 所归纳。

配置 RTC 来通告该外部归纳路由:

```
RTC(config)#router ospf 1
```

```
RTC(config-router)#summary-address 199.9.0.0 255.255.0.0
```

在配置了该归纳地址之后,检查路由器 RTA 和 RTB 的路由表。这两台路由器应该收到并安装了该超网路由——199.9.0.0/16。

(注意,在有非常大路由表的路由器上,我们可以用“show ip route supernets-only”命令来只查看聚合路由。)

**问题 15. 到网络 199.9.9.0/24 的路由仍然在 RTA 或 RTB 的路由表中吗?**

下一步,我们在路由器 RTA 上模拟一条缺省路由的存在。RTA 将被通过接口 S1 连接到 XYZ 公司的 ISP。尽管该链路还没有配置,我们仍然可以配置 OSPF 使用该路径作为缺省路由。

在路由器 RTA 上,发出下面的命令,以让它通告自己具有一条缺省路由:

```
RTA(config)#router ospf 1
```

```
RTA(config-router)#default-information originate always
```

关键字“always”指示 OSPF 来通告该缺省路由,而不管该路由是否真正存在。

要测试我们的缺省配置,在 RTA 上创建另一个环回接口,但不要让它被 OSPF 通告出去:

```
RTA(config)#interface lo3
```

```
RTA(config-if)#ip add 10.0.0.1 255.255.255.0
```

该测试性网络地址将不被通告给其他路由器。

检查路由器 RTB 和 RTC 的路由表。它们现在都应该有一条缺省路由 (0.0.0.0/24)。

**问题 16. 该缺省路由是什么 OSPF 路由类型?**

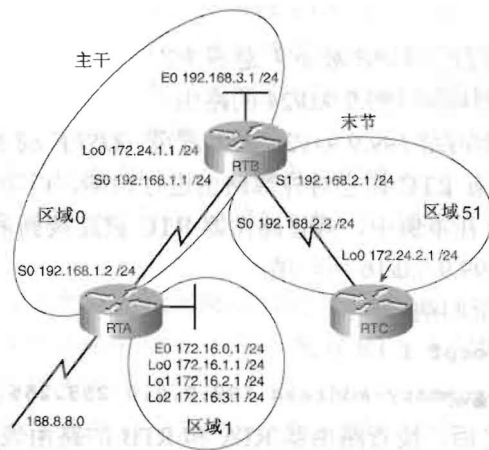
**问题 17. 在 RTB 上该路由的度量值是多少?**

**问题 18. 在 RTC 上该路由的度量值是多少?**

我们可以通过让路由器 RTC ping 一台处于不在其路由表中的某个网络地址中的主机来验证该缺省路由能正常工作。从 RTC ping 地址 10.0.0.1。如果缺省路由在工作,RTC 应该能收到回应。否则就要查找并排除故障。



### 5.11.2 实验 5-2: 配置末节和完全末节区域



#### 1. 目标

在这个实验中, 我们将配置一个 OSPF 末节区域和一个完全末节区域。

#### 2. 背景

XYZ 公司让我们重新配置它的 OSPF 网络, 以让区域 51 中过载的路由器能减轻它们的工作负荷。我们将使用 Cisco 专有的完全末节区域配置来阻止汇总路由信息进入到区域 51 中。

#### 3. 步骤

在开始这个实验前, 建议在删除各路由器的初始配置后再重新启动路由器。这样可以防止由残留配置所造成的问题。在我们准备好设备后, 进行步骤 1。

步骤 1: 根据前面的图示组建和配置网络, 并按图所示配置多区域 OSPF (先不要配置末节区域)。注意, 该实验要求实验子网 0。现在我们可以暂时先不考虑网络 188.8.8.0/24。

按上图所示为每台路由器配置环回接口 IP 地址。注意要为路由器 RTA 配置多个环回接口 (Lo0、Lo1 和 Lo2)。这些环回接口将用于模拟多个网络。

用 “ping” 和 “show ip route” 命令来测试所有接口之间的连通性。每台路由器都应该能 ping 到所有的网络接口。

步骤 2: 配置 RTA 将一条外部路由再发布到 OSPF 路由域中:

```
RTA(config)#ip route 188.8.8.0 255.255.255.0 null0
```

```
RTA(config)#router ospf 1
```

```
RTA(config-router)#redistribute static subnets
```

检查所有三台路由器的路由表, 它们应该是完整的。RTB 和 RTC 还应该看到网络 188.8.8.0/24 的类型 2 外部路由。

步骤 3: 注意, RTC 有多条区域间路由 (IA) 和一条外部路由 (E2)。在复杂的 OSPF 网络中, 大量的外部和区域间路由可能会不必要地累垮某些能力不足的路由器。因为 RTC 是在一个末节网络上, 所以它不需要外部路由信息, 甚至也不需要区域间汇总路由信息, RTC 只需要一条到 ABR (路由器 RTB) 的缺省路由。

通过将  
用下面的命

RTB (co

RTB (co

我们还

RTC (co

RTC (co

用 “sh

问题 19

现在来

产生了一条

问题 20

因为区

部的路由器

问题 21

步骤 4:

用下面

RTB (co

RTB (co

关键字

末节区域内

返回到

问题 22

5.11.

通过将区域 51 配置作为一个末节区域, RTB 自动将一条缺省路由传播到区域 51 中。使用下面的命令:

```
RTB(config)#router ospf 1
```

```
RTB(config-router)#area 51 stub
```

我们还应配置路由器 RTC:

```
RTC(config)#router ospf 1
```

```
RTC(config-router)#area 51 stub
```

用“show ip ospf”命令来验证区域 51 是一个末节区域。

问题 19. 根据该命令的输出结果, 区域 51 的 OSPF 区域类型是什么?

现在来检查一下路由器 RTC 的路由表。注意, 该末节区域的 ABR (路由器 RTB) 已经产生了一条缺省路由 (0.0.0.0/0), 它出现在路由器 RTC 的路由表中。

问题 20. RTC 的缺省路由是哪种 OSPF 路由类型?

因为区域 51 是一个末节区域, 所有外部路由 (类型 5 LSA) 都被阻止不能进入该区域内的路由器。仔细看一下路由器 RTC 的路由表。

问题 21. RTC 的路由表中还有到网络 188.8.8.0/24 的路由吗?

步骤 4: 我们认为该末节区域配置对区域 51 的影响还不够大。因为 RTC 可以为所有非本地数据流使用到其 ABR 的缺省路由, 我们决定再进一步阻止类型 3 和类型 4 的区域间路由被扩散到区域 51 中。为了做到这一点, 我们将区域 51 配置成一个完全末节区域, 它是一种 Cisco 专有特性。

用下面的命令在路由器 RTB (ABR) 上将区域 51 配置成为一个完全末节区域:

```
RTB(config)#router ospf 1
```

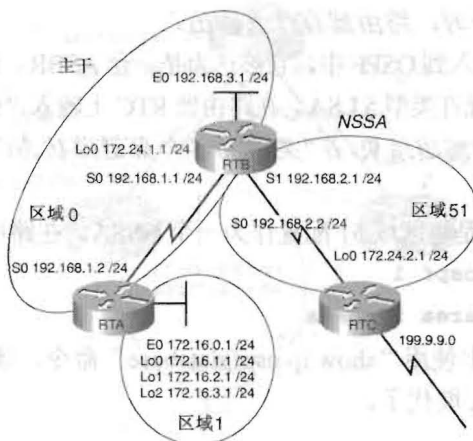
```
RTB(config-router)#area 51 stub no-summary
```

关键字“no-summary”是所需的唯一额外配置。只有 ABR 被配置来过滤区域间路由, 末节区域内部的其他路由器不需要额外的配置, 因为它们的角色没有任何变化。

返回到 RTC 上, 并检查它的路由表。

问题 22. 发生了什么变化?

### 5.11.3 实验 5-3: 配置 NSSA



### 1. 目标

在这个实验中，我们将配置一个 OSPF NSSA 区域，以输入外部路由信息。

### 2. 背景

XYZ 公司让我们配置区域 51 来减少区域内部路由器的路由负担，但同时还想接收外部路由信息。因为末节和完全末节区域不允许扩散类型 5 LSA（外部路由信息），所以我们必须将区域 51 配置作为一个 NSSA 区域。

### 3. 步骤

在开始这个实验前，建议在删除各路由器的初始配置后再重新启动路由器。这样可以防止由残留配置所造成的问题。在我们准备好设备后，进行步骤 1。

步骤 1：根据前面的图示组建和配置网络，并按图所示配置多区域 OSPF（但先不要配置 NSSA）。如果我们刚完成了实验 2，一定要先去掉路由器 RTB 和 RTC 上的末节区域配置。注意，该实验要求使用子网 0。我们目前可以暂时先不考虑网络 199.9.9.0/24。

按上图所示为每台路由器配置环回接口 IP 地址。注意要为路由器 RTA 配置多个环回接口（Lo0、Lo1 和 Lo2）。这些环回接口用于模拟多个网络（它们随后将被归纳）。

使用“ping”和“show ip route”命令来测试所有接口之间的连通性。每台路由器都应该能 ping 到所有的网络接口。

步骤 2：配置路由器 RTC 将一条外部路由再发布到 OSPF 路由域中：

```
RTC(config)#ip route 199.9.9.0 255.255.255.0 null0
```

```
RTC(config)#router ospf 1
```

```
RTC(config-router)#redistribute static
```

检查所有三台路由器的路由表，它们应该是完整的。路由器 RTA 和 RTB 还应该有一到网络 199.9.9.0/24 的类型 2 外部路由。

步骤 3：再次注意到，路由器 RTC 有几条区域间路由（IA）。在实验 5-2 中，我们将区域 51 配置为末节区域减小了 RTC 的路由表。在 RTC 上试图用下列命令重复该配置：

```
RTC(config)#router ospf 1
```

```
RTC(config-router)#area 51 stub
```

问题 23. 当输入该命令时，路由器有什么输出？

因为 RTC 将外部路由输入到 OSPF 中，它被认为是一台 ASBR。而 ASBR 不能存在于一个末节区域上，因为末节区域不允许类型 5 LSA。在路由器 RTC 上输入“show ip ospf database”命令。

问题 24. 根据该命令的输出结果，在“类型 5 AS 外部链路状态 (Type 5 external link states)”下包括哪些链路 ID？

对这种情况的解决方法是将区域 51 配置作为一个 NSSA。在路由器 RTC 上输入下列命令：

```
RTC(config)#router ospf 1
```

```
RTC(config-router)#area 51 nssa
```

现在再在路由器 RTC 上使用“show ip ospf database”命令。该命令的输出结果应验证类型 5 LSA 已被类型 7 LSA 取代了。

要让 NSSA 能工作, 我们还应该将路由器 RTB 配置作为 NSSA 的 ABR。在路由器 RTB 上输入下列命令:

```
RTB(config)#router ospf 1
```

```
RTB(config-router)#area 51 nssa
```

在配置完 NSSA 之后, 检查路由器 RTC 的路由表, 它应该含有与以前一样的区域间路由。这是因为 NSSA 的缺省配置与一个末节区域一样: RTB 继续将汇总链路 LSA (类型 3 和类型 4) 扩散到区域 51 中。我们的目的是要减轻区域 51 内路由器的负担, 所以我们应该重新配置 RTB 让它拦阻这些 LSA:

```
RTB(config)#router ospf 1
```

```
RTB(config-router)#area 51 nssa no-summary
```

问题 25. 再次检查路由器 RTC 的路由表, 发生了什么?

NSSA 允许我们减小一个区域内路由器的 OSPF 链路状态数据库, 但同时还能将外部路由作为类型 7 LSA 输入进来。NSSA 的 ABR (在本例中是 RTB) 必须将这些类型 7 LSA 翻译成类型 5 LSA, 然后将之扩散到区域 0 中。RTB 也可以被配置来归纳这些路由信息, 这是配置 NSSA 的好处之一。在路由器 RTB 上, 发出 “show ip ospf database” 命令。

问题 26. 路由器 RTB 的数据库含有使用类型 7 LSA 的链路 ID 吗?

问题 27. 路由器 RTB 的数据库含有使用类型 5 LSA 的链路 ID 吗?

在路由器 RTB 上发出 “show ip route” 命令。

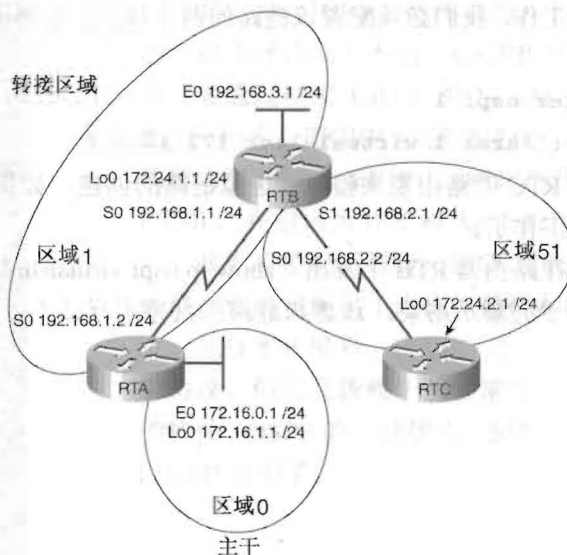
问题 28. 根据该命令的输出结果, 到 199.9.9.0/24 的外部路由是何种 OSPF 路由类型?

最后, 检查一下路由器 RTA 的路由表。到网络 199.9.9.0/24 去的外部路由还应该被安装着的。在路由器 RTA 上发出 “show ip ospf database” 命令。

问题 29. 路由器 RTA 的数据库含有使用类型 7 LSA 的链路 ID 吗?

问题 30. 路由器 RTA 的数据库含有使用类型 5 LSA 的链路 ID 吗?

#### 5.11.4 实验 5-4: 配置虚拟链路





### 1. 目标

在这个实验中, 我们将配置一条 OSPF 虚拟链路, 以让一个非直连区域可以按照 OSPF 的要求连接上主干区域。

### 2. 背景

XYZ 公司让我们配置区域 51, 使它可以连接到区域 0。因为区域 51 与主干区域没有直连链路, 所以我们将路由器 RTB 和 RTA 之间配置一条虚拟链路。

### 3. 步骤

在开始这个实验前, 建议在删除各路由器的初始配置后再重新启动路由器。这样可以防止由残留配置所造成的问题。在我们准备好设备后, 进行步骤 1。

步骤 1: 根据前面的图示组建和配置网络, 并按图所示配置多区域 OSPF (先不要配置虚拟链路)。按图所示配置每台路由器的环回接口 IP 地址。

用 “ping” 命令来核验所有直连接口的连通性。每台路由器应该能 ping 到它的串行链路伙伴。

步骤 2: 在按图所示配置了网络之后, 检查路由器 RTC 的路由表。

问题 31. RTC 的路由表中应该不含 OSPF 路由。为什么?

用 “show ip ospf neighbor” 命令验证路由器 RTC 已经与 RTB 建立了邻居关系。

问题 32. 在路由器 RTB 和 RTC 之间存在什么关系?

步骤 3: 区域 51 没有被连接到主干区域; OSPF 路由在该网络中是断的。我们必须配置一条虚拟链路或完全重新设计整个网络以让 OSPF 路由能正常工作。在本例中, 我们将在路由器 RTB (区域 51 的 ABR) 和 RTA (区域 0 的 ABR) 之间配置一条虚拟链路。因此, 在区域 51 和区域 0 之间的转接区域将是区域 1。在另一台 RTB 上输入下列命令:

```
RTB(config)#router ospf 1
```

```
RTB(config-router)#area 1 virtual-link 172.16.1.1
```

注意, 我们必须根据其路由器 ID 来指定 RTA。

为了让虚拟链路能工作, 我们必须配置该链路的两个端点。在路由器 RTA 上发出下列命令:

```
RTA(config)#router ospf 1
```

```
RTA(config-router)#area 1 virtual-link 172.24.1.1
```

我们可以通过检查 RTC 的路由表来验证该虚拟链路的创建。如果它收到了 OSPF 路由, 就说明该虚拟链路已在工作了。

另外, 我们也可以在路由器 RTB 上发出 “show ip ospf virtual-links” 命令。

问题 33. 根据该命令的输出结果, 该虚拟链路的状态是什么?