

关于 OSPF 路由优化技术的探讨

黄向农¹, 曾毅夫², 谭永欣³

(1. 中山大学 网络与信息技术中心, 广东 广州 510275; 2. 中山大学 外国语学院, 广东 广州 510275;
3. 华南师范大学 教育信息技术学院, 广东 广州 510631)

摘 要: OSPF 对网络变化的适应性强, 便于网络维护, 但对设备的系统开销较大, 不利于园区网低端设备运行。该文研究表明, 可以利用区域划分、路由汇总、末节区域设置和重发布列表等 OSPF 技术过滤不必要的 LSA, 简化路由表, 使该 OSPF 路由环境适合低端三层交换机运行, 从而构建出一个稳定可靠、又方便管理的园区网。

关键词: 路由优化; 区域划分; OSPF; LSA; 路由汇总; 末节区域; 发布控制列表

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-4956(2012)02-0104-05

Discussion on technology of OSPF routing optimization

Huang Xiangnong¹, Zeng Yifu², Tan Yongxin³

(1. Network and Information Technology Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2. School of Foreign Languages, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
3. Institute of Information Technology in Education, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: OSPF has a strong adaptability to the change of network, and is easy to be maintained through network, while the system spending of the equipment is larger relatively and not conducive to the operation of the low-end device. The OSPF technologies can be used, such as region division, route summarization, the set up of stub area, redistribution-list, etc., to get rid of unnecessary LSA and simplify the routing table so that the OSPF routing environment will be suitable for the operation of the low-end three-layer switch and to build up a campus network which is steady, reliable and easy to be managed.

Key words: routing optimization; area division; OSPF; LSA; route summary; stub area; distribution-list

OSPF 路由协议是一种链路状态路由协议, 运行 OSPF 的路由器根据自身的和邻居路由器传播过来的链路状态信息生成路由表。在 OSPF 域中, 路由器之间通过建立邻居表, 维护着彼此的邻接关系。只有建立了邻接关系的路由器之间可以相互交换链路状态通告(link-state advertisements, LSA)信息, 当它们彼此同步后, 就都维护着一个相同的、描述该域网络拓扑的链路状态表。根据这个链路状态表, 以自己为源、以相关路由器为目的, 创建一棵最短路径树, 基于这棵树计算出 OSPF 路由表, 从而实现全网互联互通^[1-2]。实施 OSPF 的网络规模越大, 链路状态表越大, 路由表也就越大。由于大型网络中的链路状态容易发生变化, 故很可能造成 OSPF 大量消

耗设备的 CPU 和内存等资源, 造成网络系统运行不稳定, 为了减少这些不利因素, 需要对园区网 OSPF 路由环境进行路由优化^[3]。

1 区域划分

通过体系化路由技术, 能够将一个大型网络构成的区域划分为多个易于管理的小型 OSPF 区域, 为链路更新的传播范围设定边界, 缩小区域内的链路状态表。这些区域之间利用 LSA 实现域间路由, 合理控制 LSA 的传播, 可以将链路变化的影响限制在特定区域内。区域划分是进行 OSPF 路由优化的重要手段^[4-5], 为此, 我们对园区网进行如图 1 所示的 OSPF 区域划分。采用同一种路由协议交换路由信息的路由器及其互联的网络构成一个自治系统(AS)^[6], 所以这些细分后的 OSPF 区域仍属于同一个 AS。

收稿日期: 2011-05-24

作者简介: 黄向农(1958—), 男, 广东湛江, 工程师, 研究方向: 计算机网络技术。

E-mail: hxn@mail.sysu.edu.cn

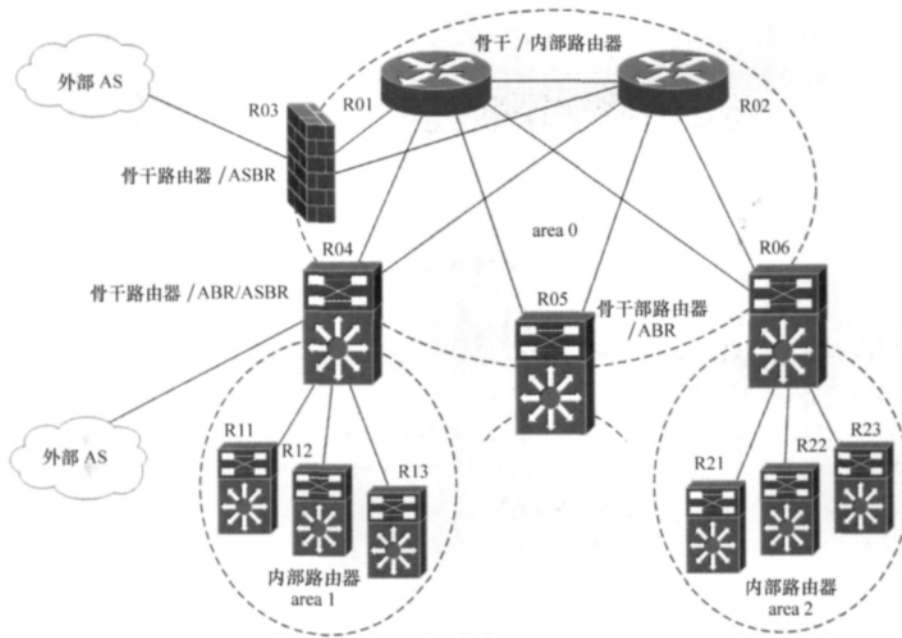


图 1 园区网 OSPF 区域划分

2 路由信息传播

OSPF 路由器之间相互交换的路由信息是 LSA, 它们利用 LSA 来携带自己的直连链路状态信息, 并向其他路由器通告自己了解的链路状态信息, OSPF 以此方式在多区域环境中传播 LSA。由不同类型的路由器产生 6 种常用的 LSA 类型:

(1) 每台路由器产生 Router Link States (LSA1), 描述在区域内部的接口状态;

(2) 在广播型多路访问网络中, 由 DR 产生 Net Link States (LSA2);

(3) ABR 基于区域中非外部路由信息 (LSA1/2) 而产生 Summary Net Link States (LSA3);

(4) ASBR 所在的区域的 ABR 产生 Summary ASB Link States (LSA4), 描述到 ASBR 的路由信息;

(5) ASBR 产生 AS External Link States (LSA5), 描述到达外部 AS 的路由信息;

(6) 由 NSSA 中的 ASBR 产生 NSSA External Link States (LSA7), 在 ABR 上会转成 LSA5。

注意: 除了 LSA5 可以在骨干区域和普通区域传播外, 其他类型的 LSA 只在本区域内传播。图 2 是基于 LSA 的路由信息传播示意图。

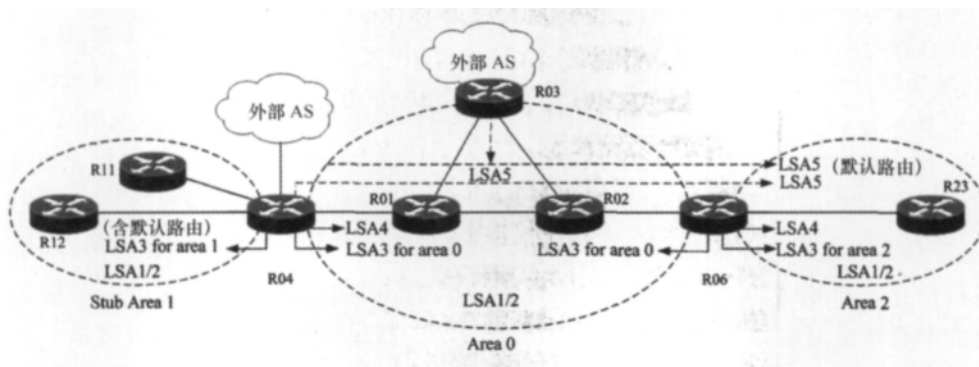


图 2 基于 LSA 的路由信息传播示意图

3 路由表生成

路由器接收到新的路由信息后, 更新自己的链路状态表, 据此计算本机路由表。路由计算次序如下:

(1) 计算到本区域内目的地的路由, 基于 LSA1/2

生成的路由条目在路由表中以“O”表示。

(2) 计算到其他区域目的地的路由, 基于 LSA3 生成的路由条目在路由表中以“O IA”表示。

(3) 计算到外部 AS 目的地的路由, 基于 LSA5 生成的路由条目在路由表中以“O E1”或“O E2”表示; 基

于 LSA7 生成的路由条目在路由表中以“O N1”或“O N2”表示。“O E1”和“O N1”表示类型 1,“O E2”和“O N2”表示类型 2。外部路由类型 1 和类型 2 的区别在于路由开销(cost)的计算方法不同:类型 1 的路由开销等于外部开销加上内部开销之和,类型 2 的路由开销只计算外部开销,类型 2 为默认类型。

当出现多条路由时,OSPF 选择路由的次序与路由计算次序相同。下面以图 2 为例说明如何控制 LSA 路由信息,让路由优化的结果体现在路由表上。

4 路由优化技术

4.1 本地路由信息的产生

将需要向外通告的网络接口地址指派到该路由器所在的某个 OSPF 区域,让 OSPF 进程知道有哪些接口运行在哪些区域内,并参与发送和接收 OSPF 路由信息。例如,在 R23 上向 OSPF 区域 2 通告网段 172.16.1.0/24,配置命令如下:

```
R23(config-router) # network 172.16.1.1 0.0.0.255 area 2
```

每台 OSPF 路由器通过该命令产生描述在特定区域内的 LSA1/2 路由信息。

4.2 重发布外部路由

重发布到 OSPF 的路由都为外部路由。尽管 OSPF 支持无类域间路由^[7],但在缺省情况下只重发布有类的路由,我们需要使用如下命令来按子网方式重发布静态路由^[8]或直连路由:

```
R04 (config-router) # redistribute [ static | connected ] subnets
```

经过重发布命令得到链路状态信息是 LSA4/5。LSA4 伴随着 LSA5,因为 LSA5 可以穿越骨干区域和普通区域,这些区域中的任意路由器都可作为 ASBR,而 LSA5 所携带信息不足以让非 ASBR 所在区域的路由器确定 ASBR 的位置,需由 LSA4 提供到 ASBR 的路由。

注意,采用重分布方式通告直连路由时,很可能会将不想通告的路由信息通告出去,应该用 network 命令向特定区域通告本地路由信息。

4.3 路由汇总

路由汇总^[9]是在 ABR 或 ASBR 上基于特定网络前缀进行的,据此生成一条路由信息,并取代那些被汇总了的路由信息,进而缩小路由表。

ABR 将 LSA1/2 转换成 LSA3 后,才会通告到相邻区域。LSA1/2 通告的多条明细路由,可让 ABR 做区域间路由汇总,生成一条 LSA3,取代那些相关的 LSA3。例如,给 area1 分配的地址块是 192.168.0.0/16,已分配

使用的网段有 192.168.2.0/23、192.168.6.0/24 和 192.168.8.0/22,在 R04 上按 192.168.0.0/20 网络前缀做区域间路由汇总的命令是:

```
R04(config-router) # area 1 range 192.168.0.0 255.255.240.0
```

通过路由重发布进入 OSPF 的外部路由也可以在该 ASBR 上做外部路由汇总,生成新的 LSA5。例如,在 R04 上经外部路由通告的网段 192.168.16.0/24 和 192.168.18.0/23,那么按网络前缀 192.168.16.0/20 进行外部路由汇总的命令是:

```
R04 (config-router) # summary-address 192.168.16.0 255.255.240.0
```

如此,由 LSA3/4/5 通告的路由信息被简化了,并被传播到其他区域,从相关区域内(例如,从 area2 区域内)路由器的路由表中可以找到一条指向 192.168.0.0/20 的“O IA”路由条目和一条指向 192.168.16.0/20 的“O E2”的路由条目。在图 2 所示的拓扑中,还可以在 R04 上作更大范围的路由汇总,对网络前缀 192.168.0.0/19 分别进行区域间和外部路由汇总,生成带有相同路由信息的 LSA3 和 LSA5,配置命令是:

```
R04(config-router) # area 1 range 192.168.0.0 255.255.224.0
```

```
R04(config-router) # summary-address 192.168.0.0 255.255.224.0
```

由于“O IA”优先级比“O E2”高,故在 area2 区域内只会找到指向 192.168.0.0/19 的“O IA”路由条目。可见,基于某个网络前缀,不连续网段也能进行区域间路由汇总或外部路由汇总,甚至可以将这些信息汇总为一条路由信息。为了避免路由环路的出现,OSPF 汇总的同时还会自动在区域内生成一条下一跳为 Null0 的“O”类型汇总路由条目,将转发到该网络但又找不到明细路由的数据包都将被丢弃到 Null0 接口。

由于 OSPF 对区域间路由和外部路由汇总在处理上的区别,应留意外部路由的应用场合。

4.4 利用特殊区域过滤路由信息

OSPF 的特殊区域分为末节区域(stub area)、完全末节区域(totally stub area)、次末节区域(not-so-stubby area,NSSA)和完全 NSSA,它们都是在普通区域基础上,使用命令设置而成,不接收 LSA4/5 或 LSA3/4/5 路由信息,并在区域内使用默认路由^[10]将数据转发到区域外,使该区域的内部路由器的路由表变得更加小。构成末节区域的条件是:该区域只有一个出口(或者虽有多个出口,但到区域外不必采用最佳

路径),不是虚链路的转接区域和骨干区域,不存在 ASBR。图 2 中的 area1 和 area2 都满足构成末节区域的条件。将 area1 设置为末节区域,可在与该区域相关的所有路由器上配置如下命令:

```
Rxx(config-router) # area 1 stub
```

这里, Rxx 代表 area1 中的所有路由器: R04、R11、R12 等。这时 area1 的 ABR 过滤从骨干区域进入末节区域的 LSA4/5 外部路由信息,并下发一条“O IA”的默认路由。还想进一步过滤 LSA3 区域间路由信息,则可在 ABR 上配置如下命令:

```
R04(config-router) # area 1 stub no-summary
```

将该区域设置成完全末节区域后,除默认路由外,不论是否进行过路由汇总,都将所有 LSA3 路由信息过滤掉。LSA3 即 Summary Net Link States 类型的 LSA,这里的 no-summary 选项表示过滤 LSA3 的意思。LSA3/4/5 路由信息被禁止在完全末节区域内传播。

构成 NSSA 的条件类似于构成末节区域的条件,但将条件放宽了,允许“该区域内存在 ASBR”。必要时可设置 NSSA,使该 ASBR 能产生 LSA7 外部路由信息,并经 ABR 转换成 LSA5 传播到骨干区域。将 area1 设置为 NSSA,可在相关路由器上配置如下命令:

```
Rxx(config-router) # area 1 nssa
```

ABR 过滤从骨干区域进入 NSSA 的 LSA4/5 外部路由信息,但不会自动下发默认路由,只能手工配置一条属于 LSA7 的默认路由。在 ABR 配置带有“默认路由”选项的命令为

```
R04(config-router) # area 1 nssa default-information-originate
```

像完全末节区域那样,完全 NSSA 还能过滤 LSA3 区域间路由信息。将 NSSA 设置为完全 NSSA,使该区域内不再存在 LSA3/4/5,但仍允许 LSA1/2/7 在 NSSA 中传播,而且 ABR 还会自动下发一条“O IA”的默认路由。将 area1 设置为完全 NSSA,可在 ABR 上配置如下命令:

```
R04(config-router) # area 1 nssa no-summary
```

除了允许区域内存在 ASBR 外,NSSA 与末节区域的作用是类似的。

4.5 区域内部路由信息的过滤

使用上述方法,可以清理区域间的路由信息,缩小区域内的路由表,使受到区域外部链路状态变化的影响降到最低。但是,还允许 LSA1/2/7 在区域内传播,

所以来自区域内部链路变化的影响依然存在。假定,已将 area1 设置为完全末节区域,但 R11 和 R12 仍可学习到彼此路由。我们通过发布控制列表命令来过滤来自路由器外部的路由信息,进一步缩小路由表。例如,分配给 area1 中的用户地址和设备地址分别是 192.168.0.0/16 和 10.1.0.0/16,在 area1 区域中 R11 的上联接口为 g0/1,利用访问控制列表^[11]过滤这些地址段,配置命令如下:

```
R11(config) # ip access-list standard 3
R11(config-std-nacl) # deny 192.168.0.0 0.0.255.255
R11(config-std-nacl) # deny 10.1.0.0 0.0.255.255
R11(config-std-nacl) # permit any
R11(config) # router ospf 1
R11(config-router) # area 1 stub
R11(config-router) # distribute-list 3 in GigabitEthernet 0/1
```

在路由器的上联接口的人方向应用发布控制列表,将无必要的路由信息过滤掉,只采用由 ABR 下发的“O IA”默认路由(由 permit any 允许进入)来解决所有到外部的转发问题,这跟采用静态路由时的路由表没有区别。将路由器的内部路由信息通告出去的同时,又将其路由表简化到极致,这种 OSPF 环境非常适合低端三层交换机运行。

4.6 默认路由设置

在前面提到的 OSPF 特殊区域中 ABR 会自动下发默认路由,然而,在骨干区域和其他普通区域的路由器中不会自动产生默认路由。由于手工设置的默认路由不能被 OSPF 传播,这就显得 OSPF 通告的路由信息不够完整,不过 OSPF 还有下发默认路由的功能。以图 2 为例,通过设置让 R03 自动下发一条默认路由,并通告到其他路由器,使所有没有确定路由的数据包都被转发到网络边界 R03,再经 R03 中的手工默认路由转发到外部 AS。OSPF 把这种下发的默认路由当作 LSA5 外部路由来看待,默认路由类型是“O E2”。为了实施多路由选择,需要将默认路由类型设置为“O E1”,若设置路由开销 Cost 为 10,配置命令是:

```
R03(config-router) # default-information originate metric 10 metric-type 1
```

使用该命令的路由器上必须存在一条 0/0 的手工默认路由,否则该命令不起作用。

4.7 多路由选择设置

OSPF 路由器使用 Cost 值作为路径选择的依据。在图 1 中,R01 和 R02 是核心路由器,对于不同的 ABR,分别扮演主、备份核心路由器的角色。对一个

ABR 来说,与主核心路由器连接的链路为主链路,与备份核心路由器连接的链路为备份链路。从园区网边界 ASBR(R03)到 ABR(R04、R06)有 3 条路径可走,规定从 ABR 出发,只经过主核心路由器的链路为主链路,经过备份核心路由器的链路为非主链路。例如,R04 的主、备核心路由器分别是 R01 和 R02,从 R04 到 R03 的路由有:最优路由 R04—R01—R03、次优路由 R04—R01—R02—R03、最差路由 R04—R02—R03。该 ASBR 下发默认路由后,各 ABR 应该能依此自动选取默认路由。为此,需要对备份链路 Cost 值作调整。假定链路 Cost 都为 10,那么就有:最优链路和最差链路 Cost 均为 20,次优链路 Cost 为 30,按该 Cost 来选择路由,不满足我们的要求。要使最差链路 Cost 大于 30,可在 20~30 范围内确定 R04—R02 备份链路 Cost 值。为了实现进出同路,可以将所有备份链路的两端接口 Cost 设为 25,配置命令是:

```
Rxx(config-if)#ip ospf cost 25
```

其中 Rxx 为与备份链路相关的路由器,如此得到从 ABR 到边界的 3 条不同优先级链路。

对于 ABR 之间的数据通信,如图 1 所示,存在 4 条链路可选择。以 R04 到 R06 为例,经过前面的 Cost 设置后,R04—R01—R02—R06 链路 Cost 为 30,R04—R01—R06 和 R04—R02—R06 链路 Cost 均为 35,R04—R01—R03—R02—R06 链路 Cost 为 40。也就是说同时经过主、备核心路由器 R01 和 R02 的路由为最优,只经过主或备份核心路由器的路由为次优,经过园区网边界 R03 的路由为最差,图 2 可以看作是是整个园区网主链路的拓扑示意图。值得注意的是,ABR 之间的 2 条次优链路的优先级只能是一样。如图 1 所示,因为拓扑对称的关系,没办法通过改变 Cost 值对 2 条次优链路设置不同优先级。只有当主链路中断后,才会使用次优链路,这时链路带宽开销相同,OSPF 自动在这 2 条等价链路上启用负载均衡

功能^[12]。

5 结束语

在 OSPF 路由环境中,控制路由信息 LSA 是进行路由优化的基础,最终可以将基于 LSA 生成的路由表尽可能地简化,并利用 Cost 值来选择最优路由,让流量按照我们预先规划好的路由转发。经过路由优化,减少 OSPF 对设备 CPU 和内存的消耗,使低端三层交换机能够较好地运行于该 OSPF 路由环境,确保园区网是一个稳定可靠而又方便管理的网络。

参考文献(References)

- [1] Mark McGregor. CCNP 思科网络技术学院教程(第五学期)高级路由[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.
- [2] 王笑娟,邹仁明,彭隽,等. OSPF 在校园网中的实现[J]. 中国科技信息, 2010(6):93-95.
- [3] 林川,黄庆南. OSPF 动态路由技术的优化[J]. 科技经济市场, 2006(9):76,79.
- [4] 王东. OSPF 路由协议在多区域中的应用[J]. 重庆科技学院学报:自然科学版, 2010(2):172-174.
- [5] 郭伟,柯汉波. 多区域 OSPF 校园网路由设计与实现[J]. 计算机系统应用, 2003(8):48-50.
- [6] 张国清. 最新 CCNP 认证之 BSCI 宝典[M]. 北京:电子工业出版社, 2007.
- [7] 李志民. 浅析无类别域间路由选择 CIDR[J]. 科教文汇:上旬刊, 2008(2):194.
- [8] 陈珩. OSPF 协议在发布静态路由时的问题解析[J]. 电信技术, 2007(11):62-64.
- [9] 巴永军,杜伟. 网络规划中的地址划分与路由汇总[J]. 胜利油田职工大学学报, 2004(1):43-45.
- [10] 孙建平,顾玉旺. 向 OSPF 的 STUB 区域产生默认路由的问题[J]. 现代电信科技, 2007(10):52-58.
- [11] 白帆,罗进文,王喆. 访问控制列表的配置与实现[J]. 电脑知识与技术, 2009(22):6133-6134,6165.
- [12] 全兆明. 路由器如何转发数据包和选择最佳路径[J]. 信息与电脑:理论版, 2011(3):62-63.

(上接第 97 页)

参考文献(References)

- [1] 王划一,杨西侠. 自动控制原理[M]. 北京:国防工业出版社, 2009.
- [2] 邹伯敏. 自动控制理论[M]. 北京:机械工业出版社, 2009.
- [3] 胡寿松. 自动控制原理[M]. 北京:科学出版社, 2007.
- [4] 王晓燕,冯江. 自动控制理论实验与仿真[M]. 广州:华南理工大学出版社, 2006.
- [5] 黄忠林,周向明. 控制系统 MATLAB 计算及仿真实训[M]. 北京:国防工业出版社, 2006.
- [6] 孙亮. MATLAB 语言与控制系统仿真[M]. 北京:北京工业大学出

版社, 2001.

- [7] 薛定宇,陈阳泉. 基于 MATLAB/Simulink 的系统仿真技术与应用[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.
- [8] 蒋珉,马天河. “自动控制原理”的 MATLAB 软件实验平台[J]. 电气电子教学学报, 2004, 26(1): 53-56.
- [9] 张巍,蔡启仲. MATLAB 在自动控制原理实验方面的应用[J]. 广西工学院学报, 1999, 10(4): 50-53.
- [10] 魏克新. MATLAB 语言与自动控制系统设计[M]. 北京:机械工业出版社, 1999.
- [11] Kogata. Designing Linear Control Engineering Problems with MATLAB[M]. Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, 1994.
- [12] Moscinski J. Advanced Control with MATLAB and Simulink[M]. Eills: Horwood Limited, 1995.