

OSPF 路由协议基础

实验指导手册

学生版



华为技术有限公司

版权所有 © 华为技术有限公司 2020。保留一切权利。

未经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明



HUAWEI和其他华为商标均为华为技术有限公司的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

注意

您购买的产品、服务或特性等应受华为公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，华为公司对本文档内容不做任何明示或暗示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

华为技术有限公司

地址：深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼 邮编：518129

网址：<http://e.huawei.com>

华为认证体系介绍

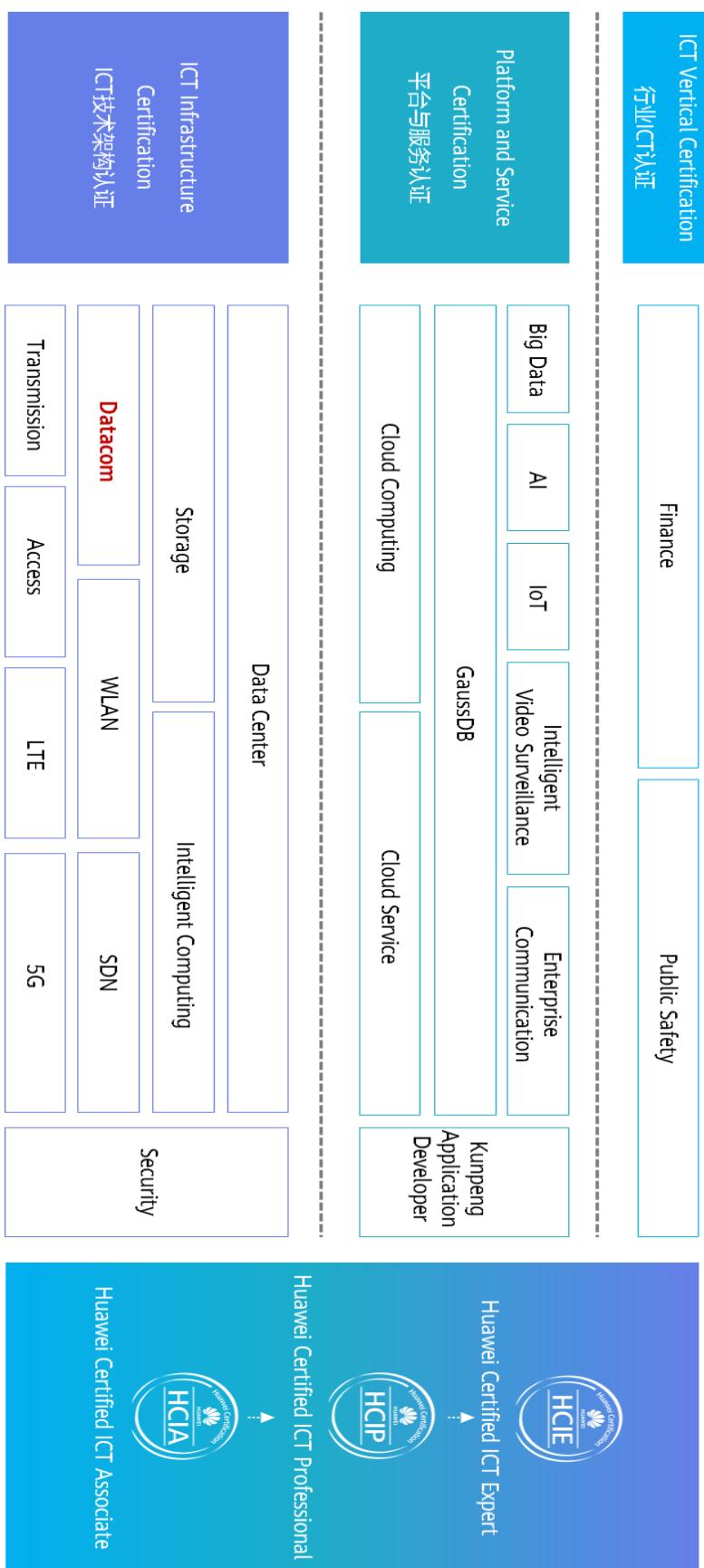
华为认证是华为公司基于“平台+生态”战略，围绕“云-管-端”协同的新ICT技术架构，打造的ICT技术架构认证、平台与服务认证、行业ICT认证三类认证，是业界唯一覆盖ICT（Information and Communications Technology 信息通信技术）全技术领域的认证体系。

根据ICT从业者的理解和进阶需求，华为认证分为工程师级别、高级工程师级别和专家级别三个认证等级。华为认证覆盖ICT全领域，符合ICT融合的技术趋势，致力于提供领先的人才培养体系和认证标准，培养数字化时代新型ICT人才，构建良性ICT人才生态。

HCIA-Datacom（Huawei Certified ICT Associate-Datacom，华为认证网络通信工程师数据通信方向）主要面向华为公司办事处、代表处一线工程师，以及其他希望学习华为数通产品技术人士。HCIA-Datacom认证在内容上涵盖路由交换原理、WLAN基本原理、网络安全基础知识、网络管理与运维基础知识以及SDN与编程自动化基础知识等内容。

华为认证协助您打开行业之窗，开启改变之门，屹立在数通领域的潮头浪尖！

Huawei Certification



目 录

1 前言.....	4
1.1 项目背景.....	4
1.2 项目目的.....	4
1.3 项目拓扑.....	5
2 项目实施.....	6
2.1 项目思路.....	6
2.2 项目任务.....	6
3 结果验证.....	12
4 思考题.....	13

1 前言

1.1 项目背景

开放式最短路径优先 OSPF (Open Shortest Path First) 是 IETF 组织开发的一个基于链路状态的内部网关协议 (Interior Gateway Protocol) 。目前针对 IPv4 协议使用的是 OSPF Version 2 (RFC2328) ; OSPF 作为基于链路状态的协议， OSPF 具有以下优点：

- OSPF 采用组播形式收发报文，这样可以减少对其他不运行 OSPF 路由器的影响。
- OSPF 支持无类型域间选路 (CIDR) 。
- OSPF 支持对等价路由进行负载分担。
- OSPF 支持报文认证。

由于 OSPF 具有以上优势，使得 OSPF 作为优秀的内部网关协议被快速接收并广泛使用。本实验将通过配置单区域 OSPF ，帮助学员理解 OSPF 基本配置与原理。

R1 、 R2 、 R3 都是各自网络的网关设备，现在需要通过 OSPF 动态路由协议，来实现这些网络之间的互联互通。

1.2 项目目的

- 掌握 OSPF 的基本配置命令
- 掌握如何查看 OSPF 的运行状态
- 掌握如何通过 Cost 控制 OSPF 的选路
- 掌握 OSPF 发布默认路由的方法
- 掌握 OSPF 认证配置方法

1.3 项目拓扑

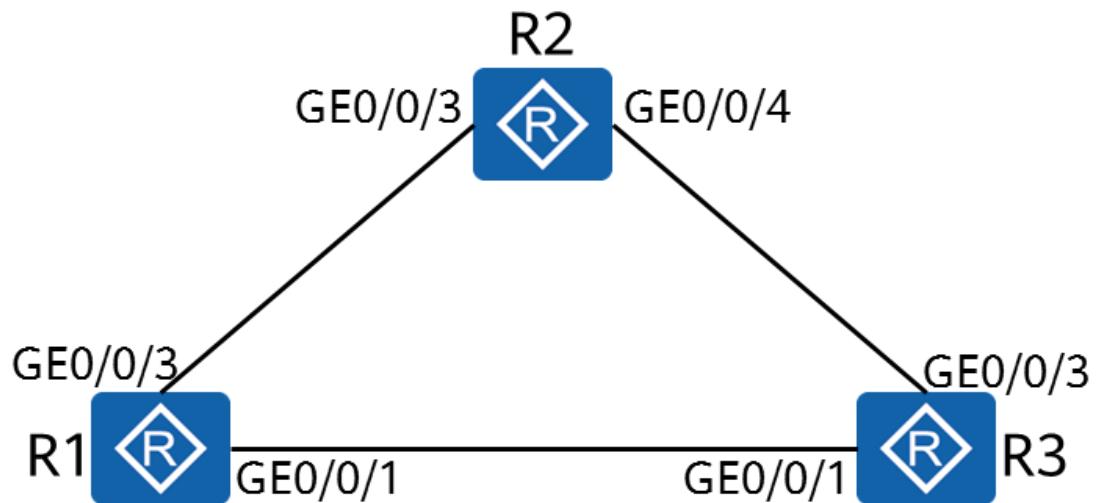


图1-1 OSPF 路由协议基础实验拓扑

2 项目实施

2.1 项目思路

1. 创建设备上的 OSPF 进程并使能接口上的 OSPF 功能
2. 配置 OSPF 认证
3. 通过 OSPF 发布默认路由
4. 通过修改 Cost 值控制 OSPF 选路

2.2 项目任务

步骤 1 设备基础配置

#按照下表配置路由器的物理接口的 IP 地址

路由器	接口	IP Address/Mask
R1	GigabitEthernet0/0/1	10.0.13.1/24
	GigabitEthernet0/0/3	10.0.12.1/24
R2	GigabitEthernet0/0/3	10.0.12.2/24
	GigabitEthernet0/0/4	10.0.23.2/24
R3	GigabitEthernet0/0/1	10.0.13.3/24
	GigabitEthernet0/0/3	10.0.23.3/24

查看设备的路由表，以 R1 为例

```
[R1]display ip routing-table  
Route Flags: R - relay, D - download to fib
```

```
-----  
Routing Tables: Public  
Destinations : 11          Routes : 11  
  
Destination/Mask Proto Pre Cost      Flags NextHop        Interface  
10.0.1.1/32   Direct 0    0           D    127.0.0.1      LoopBack0  
10.0.12.0/24  Direct 0    0           D    10.0.12.1     GigabitEthernet0/0/3
```

10.0.12.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/3
10.0.12.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/3
10.0.13.0/24	Direct	0	0	D	10.0.13.1	GigabitEthernet0/0/1
10.0.13.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/1
10.0.13.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/1
127.0.0.0/8	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0

此时设备上仅存在直连路由。

步骤 2 完成 OSPF 基本配置

创建 OSPF 进程

创建 OSPF 进程是配置与 OSPF 协议有关参数的首要步骤。OSPF 支持多进程，在同一台设备上可以运行多个不同的 OSPF 进程，它们之间互不影响，彼此独立。不同 OSPF 进程之间的路由交互相当于不同路由协议之间的路由交互。可以在创建 OSPF 进程时指定进程号，若不指定，默认进程号为“1”。

创建 OSPF 区域并使能相应的接口

area 命令用来创建 OSPF 区域，并进入 OSPF 区域视图。

network network-address wildcard-mask 用来指定运行 OSPF 协议的接口。满足下面两个条件，OSPF 协议才能在接口上运行：

1. 接口的 IP 地址掩码长度 \geq network 命令中的掩码长度。OSPF 使用反掩码，例如 0.0.0.255 表示掩码长度 24 位。
2. 接口的 IP 地址必须在 network 命令指定的网段范围之内。

此时三个接口都被使能，同时属于区域 0

当 network 命令配置的 wildcard-mask 为全 0 时，如果接口的 IP 地址与 network-address 配置的 IP 地址相同，则此接口也会运行 OSPF 协议。

步骤 3 查看 OSPF 状态

查看 OSPF 邻居

[R1]display ospf peer

OSPF Process 1 with Router ID 10.0.1.1
Neighbors

Area 0.0.0.0 interface 10.0.13.1(GigabitEthernet0/0/1)'s neighbors
Router ID: 10.0.1.3 Address: 10.0.13.3
State: Full Mode:Nbr is Master Priority: 1
DR: 10.0.13.3 BDR: 10.0.13.1 MTU: 0
Dead timer due in 36 sec
Retrans timer interval: 0
Neighbor is up for 00:00:30
Authentication Sequence: [0]

Neighbors

```
Area 0.0.0 interface 10.0.12.1(GigabitEthernet0/0/3)'s neighbors
Router ID: 10.0.1.2      Address: 10.0.12.2
  State: Full  Mode:Nbr is Master  Priority: 1
  DR: 10.0.12.2  BDR: 10.0.12.1  MTU: 0
  Dead timer due in 39  sec
  Retrans timer interval: 4
  Neighbor is up for 00:00:28
  Authentication Sequence: [ 0 ]
```

display ospf peer 命令用来显示 OSPF 中各区域邻居的信息。包括邻居所属的区域、邻居 Router ID、邻居状态、DR 和 BDR 路由器等信息。

查看 IP 路由表中由 OSPF 学习到的路由

```
[R1]display ip routing-table protocol ospf
Route Flags: R - relay, D - download to fib
```

```
-----
```

Public routing table : OSPF

Destinations : 3 Routes : 4

```
OSPF routing table status : <Active>
```

Destinations : 3 Routes : 4

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.0.1.2/32	OSPF	10	1	D	10.0.12.2	GigabitEthernet0/0/3
10.0.1.3/32	OSPF	10	1	D	10.0.13.3	GigabitEthernet0/0/1
10.0.23.0/24	OSPF	10	2	D	10.0.13.3	GigabitEthernet0/0/1
	OSPF	10	2	D	10.0.12.2	GigabitEthernet0/0/3

```
OSPF routing table status : <Inactive>
```

Destinations : 0 Routes : 0

步骤 4 配置 OSPF 认证

在 R1 上配置接口认证

由于 cipher 是密文口令类型，所以查看配置时以密文方式显示口令。

查看当前的邻居状态

```
[R1]display ospf peer brief
```

```
-----
```

```
OSPF Process 1 with Router ID 10.0.1.1
Peer Statistic Information
```

```
-----
```

Area Id	Interface	Neighbor id	State

```
-----
```

Total Peer(s): 0

由于其他路由器还未配置认证，所以认证不通过，无邻居。

配置 R2 上的接口认证

查看 R2 的邻居状态

```
[R2]display ospf peer brief
```

```
OSPF Process 1 with Router ID 10.0.1.2  
Peer Statistic Information
```

Area Id	Interface	Neighbor id	State
0.0.0.0	GigabitEthernet0/0/3	10.0.1.1	Full

Total Peer(s): 1

此时 R2 已经可以和 R1 建立起正常的邻居关系。

在 R3 上配置区域认证

查看 R3 上的邻居状态

```
[R3]display ospf peer brief
```

```
OSPF Process 1 with Router ID 10.0.1.3  
Peer Statistic Information
```

Area Id	Interface	Neighbor id	State
0.0.0.0	GigabitEthernet0/0/1	10.0.1.1	Full
0.0.0.0	GigabitEthernet0/0/3	10.0.1.2	Full

Total Peer(s): 2

此时 R3 已经和 R1 与 R2 建立邻接关系。说明 OSPF 接口认证与区域认证产生的效果都是在设备的 OSPF 接口上实现 OSPF 报文认证。

步骤 5 假设 R1 为所有网络的出口，所以在 R1 上向 OSPF 宣告默认路由

在 R1 上宣告默认路由

default-route-advertise 命令用来将默认路由通告到普通 OSPF 区域，如果没有配置 **always** 参数，本机路由表中必须有激活的非本 OSPF 默认路由时才向其他路由器发布默认路由。本例中，本地路由表中没有默认路由，所以需要增加 **always** 参数。

查看 R2 与 R3 上的 IP 路由表

```
[R2]display ip routing-table
```

Route Flags: R - relay, D - download to fib

Routing Tables: Public

Destinations : 15 Routes : 16

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
0.0.0.0/0	O_ASE	150	1	D	10.0.12.1	GigabitEthernet0/0/3
10.0.1.1/32	OSPF	10	1	D	10.0.12.1	GigabitEthernet0/0/3
10.0.1.2/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	LoopBack0
10.0.1.3/32	OSPF	10	1	D	10.0.23.3	GigabitEthernet0/0/4
10.0.12.0/24	Direct	0	0	D	10.0.12.2	GigabitEthernet0/0/3
10.0.12.2/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/3
10.0.12.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/3
10.0.13.0/24	OSPF	10	2	D	10.0.12.1	GigabitEthernet0/0/3
	OSPF	10	2	D	10.0.23.3	GigabitEthernet0/0/4
10.0.23.0/24	Direct	0	0	D	10.0.23.2	GigabitEthernet0/0/4
10.0.23.2/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/4
10.0.23.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/4
127.0.0.0/8	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0

[R3]display ip routing-table

Route Flags: R - relay, D - download to fib

Routing Tables: Public

Destinations : 15 Routes : 16

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
0.0.0.0/0	O_ASE	150	1	D	10.0.13.1	GigabitEthernet0/0/1
10.0.1.1/32	OSPF	10	1	D	10.0.13.1	GigabitEthernet0/0/1
10.0.1.2/32	OSPF	10	1	D	10.0.23.2	GigabitEthernet0/0/3
10.0.1.3/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	LoopBack0
10.0.12.0/24	OSPF	10	2	D	10.0.23.2	GigabitEthernet0/0/3
	OSPF	10	2	D	10.0.13.1	GigabitEthernet0/0/1
10.0.13.0/24	Direct	0	0	D	10.0.13.3	GigabitEthernet0/0/1
10.0.13.3/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/1
10.0.13.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/1
10.0.23.0/24	Direct	0	0	D	10.0.23.3	GigabitEthernet0/0/3
10.0.23.3/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/3
10.0.23.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/3
127.0.0.0/8	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0

R2 与 R3 上已经学习到相应的默认路由。

步骤 6 通过修改 R1 相应接口的 Cost 值，使得 R1 的 LoopBack0 接口通过 R1->R3->R2 的路径访问 R2 的 LoopBack0 接口

从 R1 的路由表可知，R1 通过 R1->R2 的路径访问 R2 的 LoopBack0 接口的路由开销为 1，从 R1->R3->R2 的路由开销为 2，故只要使 R1->R2 的路由开销大于 2 即可。

查看 R1 的路由表

```
[R1]display ip routing-table  
Route Flags: R - relay, D - download to fib
```

Routing Tables: Public

Destinations : 14 Routes : 14

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
10.0.1.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	LoopBack0
10.0.1.2/32	OSPF	10	2	D	10.0.13.3	GigabitEthernet0/0/1
10.0.1.3/32	OSPF	10	1	D	10.0.13.3	GigabitEthernet0/0/1
10.0.12.0/24	Direct	0	0	D	10.0.12.1	GigabitEthernet0/0/3
10.0.12.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/3
10.0.12.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/3
10.0.13.0/24	Direct	0	0	D	10.0.13.1	GigabitEthernet0/0/1
10.0.13.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/1
10.0.13.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	GigabitEthernet0/0/1
10.0.23.0/24	OSPF	10	2	D	10.0.13.3	GigabitEthernet0/0/1
127.0.0.0/8	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0

此时 R1 访问 R2 的 LoopBack0 接口的下一跳为 R3 的 GigabitEthernet0/0/1 接口

通过 Tracert 命令验证

```
[R1]tracert -a 10.0.1.1 10.0.1.2
```

```
traceroute to 10.0.1.2(10.0.1.2), max hops: 30 ,packet length: 40,press CTRL_C to break
```

```
1 10.0.13.3 40 ms 50 ms 50 ms
```

```
2 10.0.23.2 60 ms 110 ms 70 ms
```

3 结果验证

1. 通过 ping 功能检查设备各接口之间的联通性。
2. 通过关闭接口模拟链路故障，查看路由表的变化。

4 思考题

1. 步骤 6 中，R2 回复 R1 的 ICMP 报文的路径是什么样的？试着解释一下原因。