

# 南昌大学



## 软件学院实验报告书

课程名称：\_\_\_\_网络系统工程实训\_\_\_\_

题    目：\_\_\_\_动态路由协议 RIP 深入配置\_\_\_\_

专    业：\_\_\_\_信息安全\_\_\_\_

班    级：\_\_\_\_193 班\_\_\_\_

学    号：\_\_\_\_8003119100\_\_\_\_

学生姓名：\_\_\_\_丁俊\_\_\_\_

完成人数：\_\_\_\_1 人\_\_\_\_

起讫日期：\_\_\_\_20210716-20210930\_\_\_\_

任课教师：\_\_\_\_鄢志辉\_\_\_\_职称：\_\_\_\_高级工程师\_\_\_\_

部分管主任：\_\_\_\_邹春华\_\_\_\_

完成时间：\_\_\_\_20210930\_\_\_\_

## 实训十五 动态路由协议 OSPF 配置实训

### 一、实验目的

- 了解链路状态路由协议与距离矢量路由协议的异同
- 掌握 OSPF 的基本特点
- 掌握单域 OSPF 协议的配置与管理

### 二、实验设备及条件

- 运行 Windows 操作系统计算机一台
- Cisco Packet Tracer 模拟软件
- Cisco 1841 或 2811 路由器四台，普通交换机两台，路由器串口线三根
- RJ-45 转 DB-9 反接线一根
- 超级终端应用程序

### 三、实验原理

#### 3.1 OSPF 简述

OSPF (Open Shortest Path First 开放式最短路径优先) 是一个内部网关协议 (Interior Gateway Protocol, 简称 IGP), 用于在单一自治系统 (autonomous system, AS) 内决策路由, 应用笛卡斯加算 (Dijkstra) 法被用来计算最短路径树。与 RIP 相比, OSPF 是链路状态协议, 而 RIP 是距离矢量协议。

链路 (Link) 就是路由器上的接口, 指运行在 OSPF 进程下的接口。链路状态 (LSA) 是一个参数, 一般带宽、时延、费用等都可做状态参数。就是 OSPF 接口上的描述信息, 例如接口上的 IP 地址, 子网掩码, 网络类型, Cost 值等等, OSPF 路由器之间交换的并不是路由表, 而是链路状态 (LSA), OSPF 通过获得网络中所有的链路状态信息, 从而计算出到达每个目标精确的网络路径。OSPF 路由器会将自己所有的链路状态毫不保留地全部发给邻居, 邻居将收到的链路状态全部放入链路状态数据库 (Link-State Database), 邻居再发给自己的所有邻居, 并且在传递过程中, 绝对不会有任意更改。通过这样的过程, 最终, 网络中所有的 OSPF 路由器都拥有网络中所有的链路状态, 并且所有路由器的链路状态应该能描绘出相同的网络拓扑。链路开销 cost 是主要考虑链路状态的一个参数。

OSPF 使用接口的带宽来计算开销 (cost), 接口带宽成反比, 带宽越高, Cost 值越小例如一个 10 Mbit/s 的接口, 计算 Cost 的方法为: 将 10 Mbit 换算成 bit, 为 10 000 000 bit, 然后用 10000 0000 除以该带宽, 结果为  $10000\ 0000 / 10\ 000\ 000\ \text{bit} = 10$ , 所以一个 10 Mbit/s 的接口, OSPF 认为该接口的 Metric 值为 10, 需要注意的是, 计算中, 带宽的单位取 bit/s, 而不是 Kbit/s。

例如一个 100 Mbit/s 的接口, Cost 值为  $10000\ 0000 / 100\ 000\ 000 = 1$ , 因为 Cost 值必须为整数, 所以即使是一个 1000 Mbit/s (1Gbit/s) 的接口, Cost 值和 100 Mbit/s 一样, 为 1。如果路由器要经过两个接口才能到达目标网络, 那么很显然, 两个接口的 cost 值要累加起来, 才算是到达目标网络的度量 (Metric) 值, 所以 OSPF 路由器计算到达目标网络的 Metric 值, 必须将沿途中所有接口的 cost 值累加起来, 在累加时, 同 EIGRP 一样, 只计算出接口, 不计算进接口。OSPF 会自动计算接口上的 cost 值, 但也可以通过手工指定该接

口的 cost 值，手工指定的优先于自动计算的值。

常见链路默认的 OSPF 开销如表 3.1 所示。

表 3.1 常见链路默认开销

接口类型	默认开销
56kbit/s 串行链路	1785
64 kbit/s 串行链路	1562
T1 1.544Mbit/s 串行链路	64
E1 2.048Mbit/s 串行链路	48
以太网 10Mbit/s	10
快速以太网 100Mbit/s	1
FDDI 100Mbit/s	1
ATM	1

大多数的路由协议的度量值计算方法不相同，不能兼容。管理距离就是一个很好的可以给种种协议参考的一个度量值。对于思科路由器填充自己的路由表时，将根据管理距离来选择最佳路径。（声明：在不引起混乱情况下，路径与路由是同一个意思）。管理距离是 0-255 之间的一个整数。常见的路由协议的管理距离见表 3.2 所示。

表 3.2 常见路由协议的管理距离

路由源	管理距离
直连接口	0
静态路由	1
EIGRP 汇总路由	5
外部 BGP	20
内部 EIGRP	90
OSPF	110
IS-IS	115
RIP v1、RIP v2	120
外部 EIGRP	170
内部 GBP	200
未知	255

OSPF 运行笛卡斯加（Dijkstra）算法来计算路径，计算过程概括如下：

每台运行 OSPF 的路由器都会维持一个链路状态数据库，其中包含来自其它所有路由器的 LSA。一旦路由器收到所有 LSA 并建立其本地链路状态数据库，OSPF 使用 Dijkstra 的最短路径优先（SPF）算法创建一个 SPF 树。根据 SPF 树，将通向每个网络的最佳路径填充到路由表。OSPF 计算路径过程示意如图 1 所示

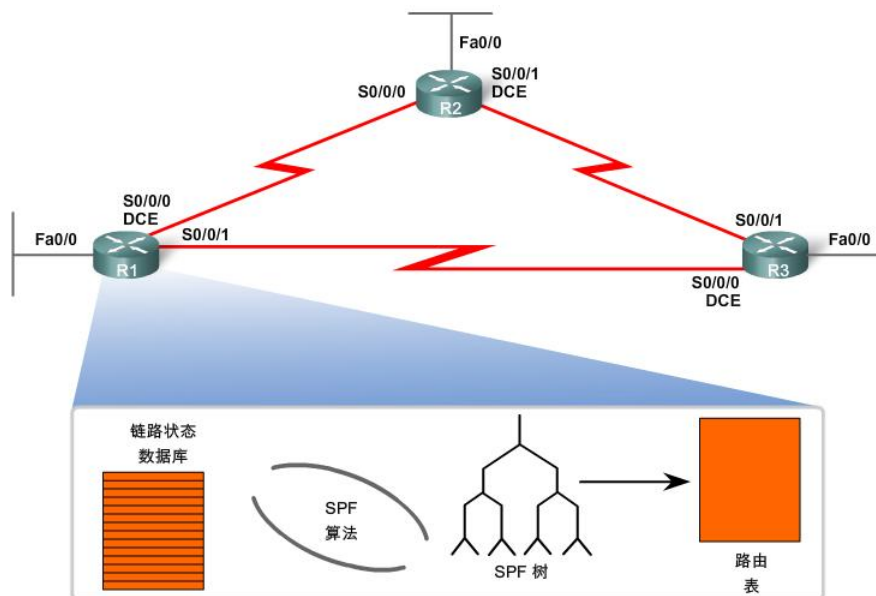


图 1 路由计算示意图

OSPF 可以被应用到下面 5 种网络类型：

1. 点到点网络(point-to-point)，由 cisco 提出的网络类型，自动发现邻居，不选举 DR/BDR，hello 时间 10s。比如 T1 线路，是连接单独的一对路由器的网络，点到点网络上的有效邻居总是可以形成邻接关系的，在这种网络上，OSPF 包的目标地址使用的是 224.0.0.5。

2. 广播型网络(broadcast)，由 cisco 提出的网络类型，自动发现邻居，选举 DR/BDR，hello 时间 10s。比如以太网，Token Ring 和 FDDI，这样的网络上会选举一个 DR 和 BDR，DR/BDR 的发送的 OSPF 包的目标地址为 224.0.0.5，运载这些 OSPF 包的帧的目标 MAC 地址为 0100.5E00.0005；而除了 DR/BDR 以外发送的 OSPF 包的目标地址为 224.0.0.6。

3. 非广播型 (NBMA) 网络 (non-broadcast)，由 RFC 提出的网络类型，手工配置邻居，选举 DR/BDR，hello 时间 30s。比如 X.25, Frame Relay，和 ATM，不具备广播的能力，因此邻居要人工来指定，在这样的网络上要选举 DR 和 BDR，OSPF 包采用 unicast（单播）的方式

4. 点到多点网络 (point-to-multipoint)，由 RFC 提出，自动发现邻居，不选举 DR/BDR，hello 时间 30s。是 NBMA 网络的一个特殊配置，可以看成是点到点链路的集合，在这样的网络上不选举 DR 和 BDR。

5. 点到多点非广播，由 cisco 提出的网络类型，手动配置邻居，不选举 DR/BDR，hello 时间 30s。

6. 虚链接。OSPF 包是以 unicast 的方式发送

OSPF 协议做出以下优点总结：

- 收敛速度快，能够在最短的时间内将路由变化传递到整个自治系统。
- 提出区域 (area) 划分的概念，将自治系统划分为不同区域后，通过区域之间的对路由信息的摘要，大大减少了需传递的路由信息数量。也使得路由信息不会随网络规模的扩大而急剧膨胀。
- 良好的安全性，ospf 支持基于接口的明文及 md5 验证。
- OSPF 适应各种规模的网络，最多可达数千台

## 3.2 OSPF 路由工作原理简述

为了确保网络中所有 OSPF 路由器都做出一致的路由决策，每台路由器需要记录以下信息：

- 直接相连的邻接路由器。

有关邻居的信息存储在邻居表中，这个表被称为邻接关系数据库，也可简单称为邻居表。

- 网络或区域内的其他路由器及其连接的网络。

路由器通过 LSA 来获悉其他路由器和网络，LSA 会扩散到整个网络，它存储在拓扑表中（LSDB），也叫拓扑数据库。

- 前往每个目的地的最佳路径。

每台路由器都使用 Dijkstra（SPF）算法独立计算前往网络中每个目的地的最佳路径。

所有路径都存储在 LSDB。而最佳路径被加入到路由表中（也叫转发数据库）。

OSPF 路由通电启动后，经历 4 个阶段与邻居路由建立邻接关系。

- 邻居发现阶段。
- 双向通信阶段：Hello 报文都列出了对方的路由 ID。
- 数据库同步阶段：主从协商、DD 交换、LSA 请求、LSA 传播、LSA 应答。
- 完全邻接阶段：full adjacency。

OSPF 路由器在完全邻接之前，所经过的几个状态：

1. Down。此状态还没有与其他路由器交换信息。首先从其 ospf 接口向外发送 hello 分组，还并不知道 DR（若为广播网络）和任何其他路由器。发送 hello 分组（默认是 10s）使用组播地址 224.0.0.5。

2. Attempt。只适于 NBMA 网络（如帧中继），在 NBMA 网络中邻居是手动指定的，在该状态下，路由器将使用轮询间隔来发送 Hello 包以便与邻居取得联系。

3. Init。表明在 Hello 包的失效间隔内（默认是 Hello 间隔的 4 倍，即 40s）里收到了 Hello 包，但是 two-way 通信仍然没有建立起来。

4. two-way。双向会话建立，路由 ID 出现在对方的邻居列表中。（若为广播网络，如：以太网。在这个时候应该选举 DR、BDR。）为减小多路访问网络中的 OSPF 流量，OSPF 会选举一个指定路由器（DR）和一个备用指定路由器（BDR）。

- 指定路由器（DR）：DR 负责使用该变化信息更新其它所有 OSPF 路由器（称为 DROther）
- 备用指定路由器（BDR）：BDR 会监控 DR 的状态，并在当前 DR 发生故障时接替其角色。

5. ExStart。信息交换初始状态，在这个状态下，本地路由器和邻居将建立主从（Master/Slave）关系，路由器 ID 大的成为主路由（Master）DD。

6. Exchange。信息交换状态，本地路由器和邻居交换一个或多个 DBD 分组（也叫 DDP），DBD 包含有关 LSDB 中 LSA 条目的摘要信息。

7. Loading。信息加载状态，收到 DBD 后，将收到的信息同 LSDB 中的信息进行比较。如果 DBD 中有更新的链路状态条目，则向对方发送一个 LSR，用于请求新的 LSA。

8. Full。完全邻接状态，邻居间的链路状态数据库同步完成，通过邻居链路状态请求列表为空且邻居状态为 Loading 来判断。

在整个过程中会使用到五种数据分组，如表 24.3 所示

表 24.3 OSPF 的 5 种数据分组

类型	名称	说明
1	Hello	用于发现邻居并建立相邻关系
2	数据库描述 (DBD)	检查路由器的数据库之间是否同步
3	链路状态请示 (LSR)	向另一台路由器请求特定的链路状态记录
4	链路状态 (LSU)	发送所请求的链路状态记录
5	链路状态确认 (LSAck)	对其他类型的分组进行确认

### 3.3 OSPF 的 DR 与 DBR

在广播网（如，以太网）和 NBMA（如，ATM）网络中,任意两台路由器之间都要交换路由信息。这使得任何一台路由器的路由变化都会导致多次传递,浪费了带宽资源。为解决这一问题,OSPF 协议定义了指定路由器 DR(Designated Router),所有路由器都只将信息发送给 DR,由 DR 将网络链路状态发送出去。在一个 OSPF 的网络中,所有的路由器将被分为两类：指定路由器 (DR/BDR) 非指定路由器 (DROTHER)。

所有的非指定路由器都要和指定路由器建立邻居关系，并且把自己的 LSA 发送给 DR，而其他的 OSPF 路由器将不会相互之间建立邻居关系。也就是说，OSPF 网络中，DR 和 BDR 的 LSDB(链路状态数据库)将会包含有整个网络的完整拓扑。DR 和 BDR 之外的路由器(称为 DR Other)之间将不再建立邻接关系,也不再交换任何路由信息。这样就减少了广播网和 NBMA 网络上各路由器之间邻接关系的数量。

如果 DR 由于某种故障而失效,则网络中的路由器必须重新选举 DR,再与新的 DR 同步。这需要较长的时间,在这段时间内,路由的计算是不正确的。为了能够缩短这个过程,OSPF 提出了 BDR(Backup Designated Router,备份指定路由器)的概念。当失去 DR 后,将由 BDR 来泛洪网络的 LSDB。另外,一个网络中路由 ID 最大者为 DR,次大者为 BDR,当有新的路由器加入到网络中后,就算是其 ID 比当前的 DR、BDR 更大,也不会发生新的路由选举。只有当 DR 失效后才会再一次启动选举。

OSPF 的邻接一旦形成以后,会交换 LSA 来同步 LSDB,LSA 将进行可靠的洪泛。当选举 DR/BDR 的时候会比较 hello 包中的优先级 priority(设置命令: `route(config-if)#ip ospf cost {priority} 0~255`),优先级最高的为 DR,次高的为 BDR。不作修改默认端口上的优先级都为 1,在优先级相同的情况下比较 Router ID,Router ID 最高者为 DR,次高者为 BDR,当把相应端口优先级设为 0 时,OSPF 路由器将不能再成为 DR/BDR,只能为 DROTHER。在使用默认优先级的 OSPF 的 DR 选举中,所有的路由器之间会交换自己的 Router ID 来确定 DR。

Router ID 可以手工指定。选择方法:如果没有手工指定 Router ID 的话,那么路由器会先看自己有没有环回接口(Loopback)。如果有环回接口,则使用环回接口上的 IP 地址作为自己的 Router ID。如果没有环回接口的话,则会去比较自己所有物理接口上的 IP 地址,并从中选择最大的一个 IP 地址作为自己的 Router ID 来参与 DR 的选举。

DR 和 BDR 的选举就可以用以下的方式来决定:

1. 如果有手工指定的 Router ID，则使用该 Router ID 参与选举；
2. 如果没有手工指定的 Router ID，则使用 Loopback 接口上的 IP 作为 Router ID 参与选举；
3. 如果没有 Loopback 接口，则使用物理接口中最大的 IP 作为 Router ID 参与选举；
4. 所有的 OSPF 路由器交换自己的 Router ID，具有所有 Router ID 中最大一个的路由器将作为 DR，具有次大 Router ID 的路由器则成为 BDR。

## 四、实验步骤

### 4.1 配置实训网络

网络拓扑结构如图 2 所示。

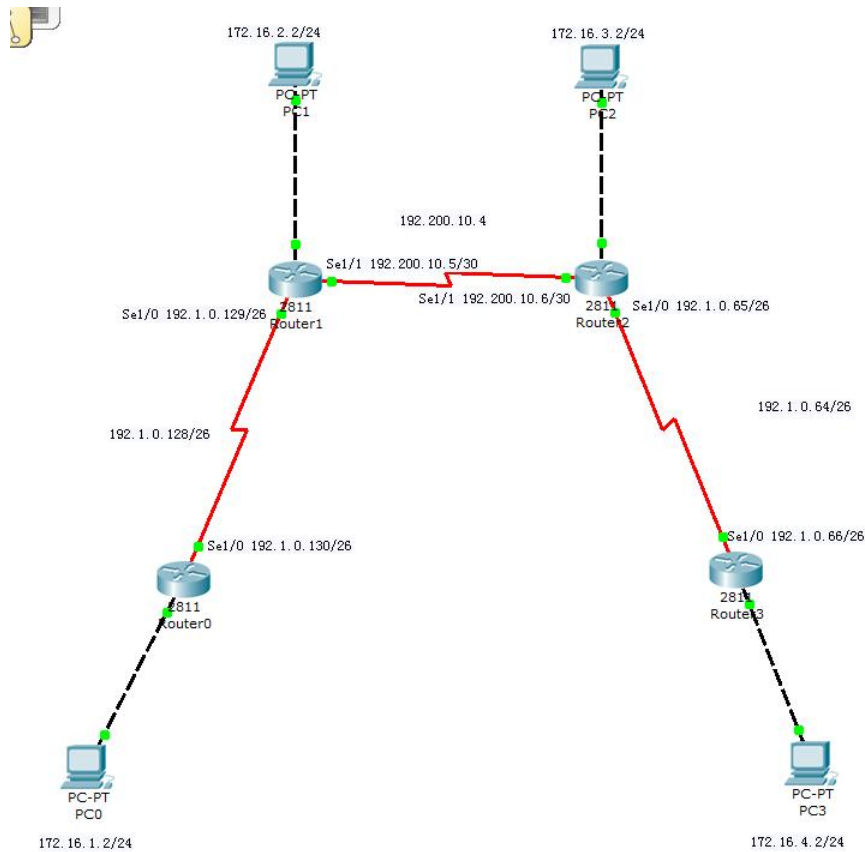


图 2 网络拓扑结构

路由器的配置如下 4 图所示。

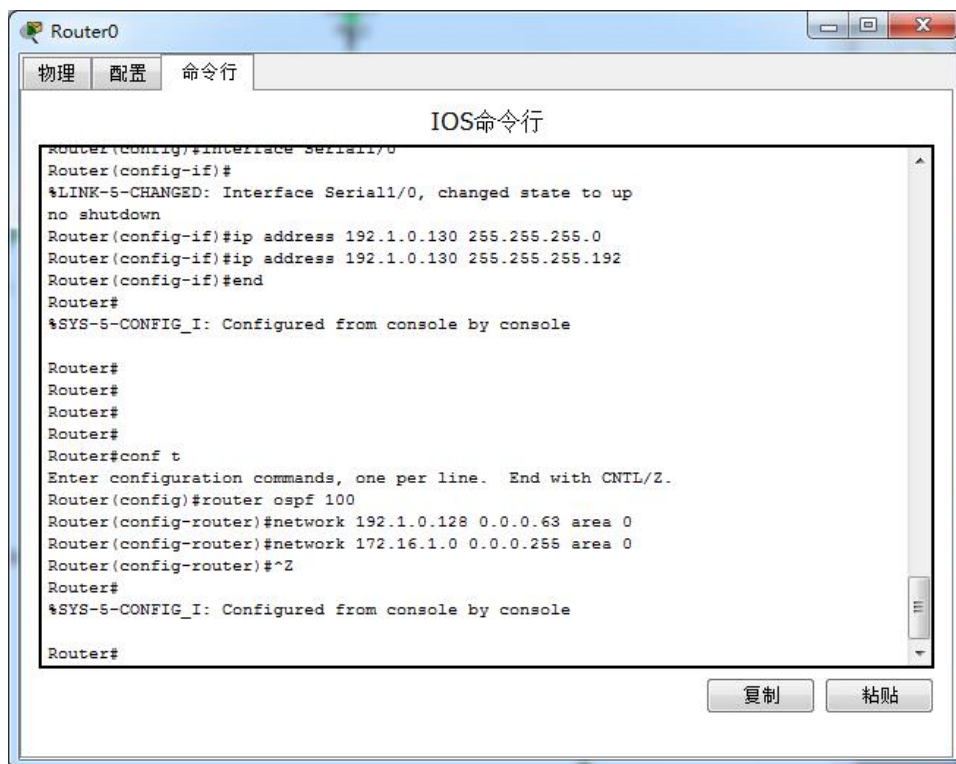


图 3 router0 配置

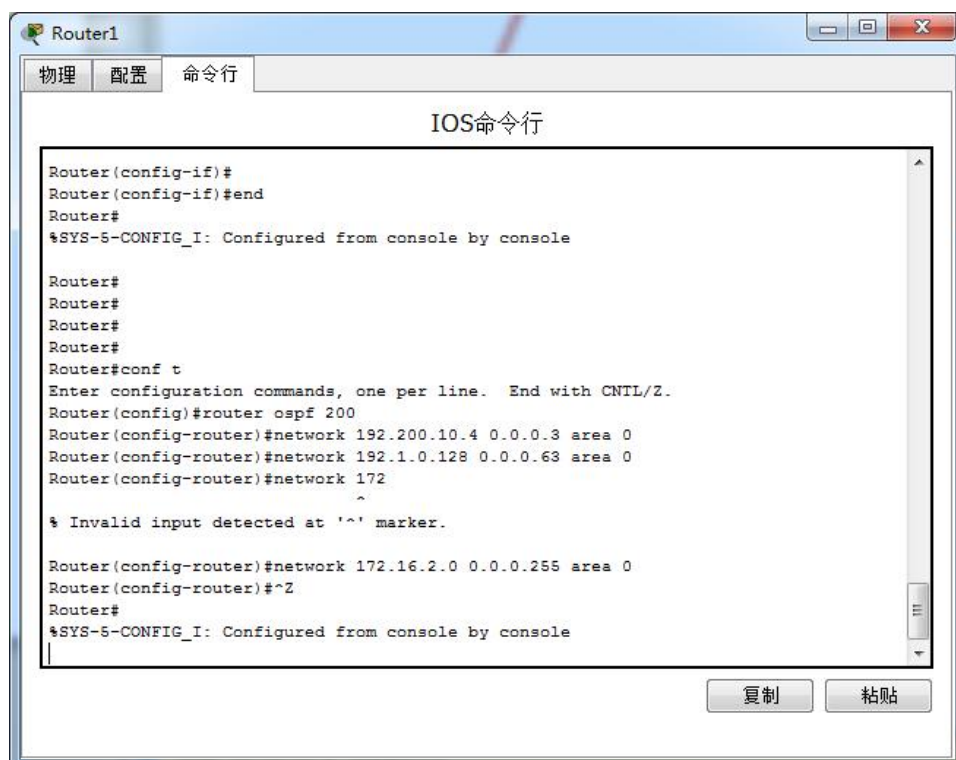


图 4 router1 配置



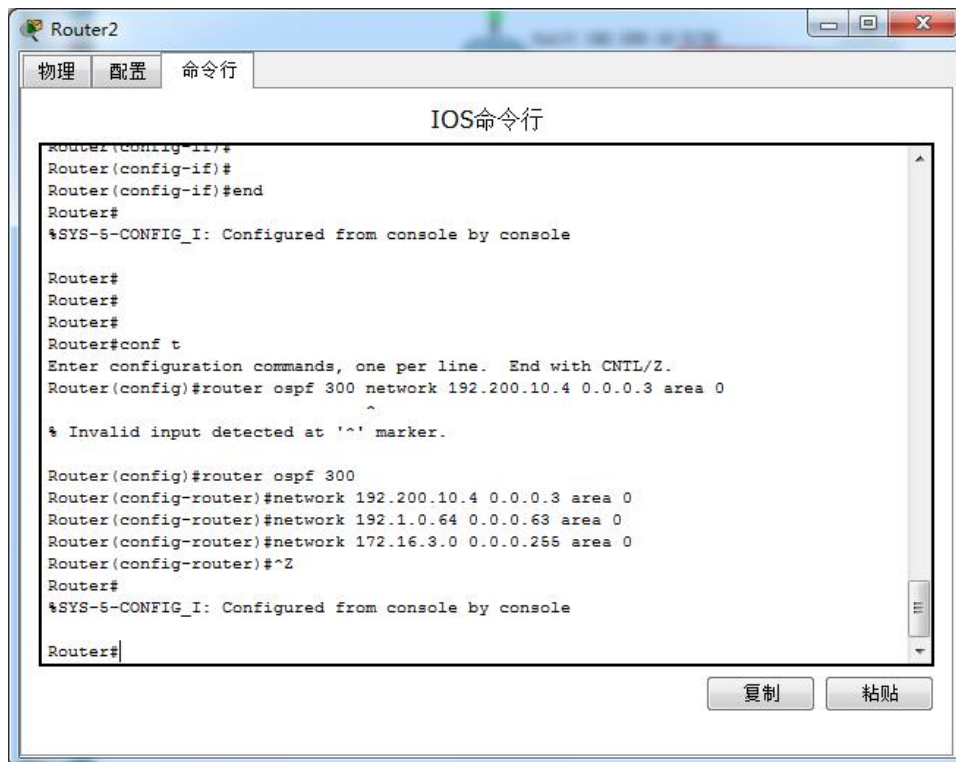


图 5 router2 配置

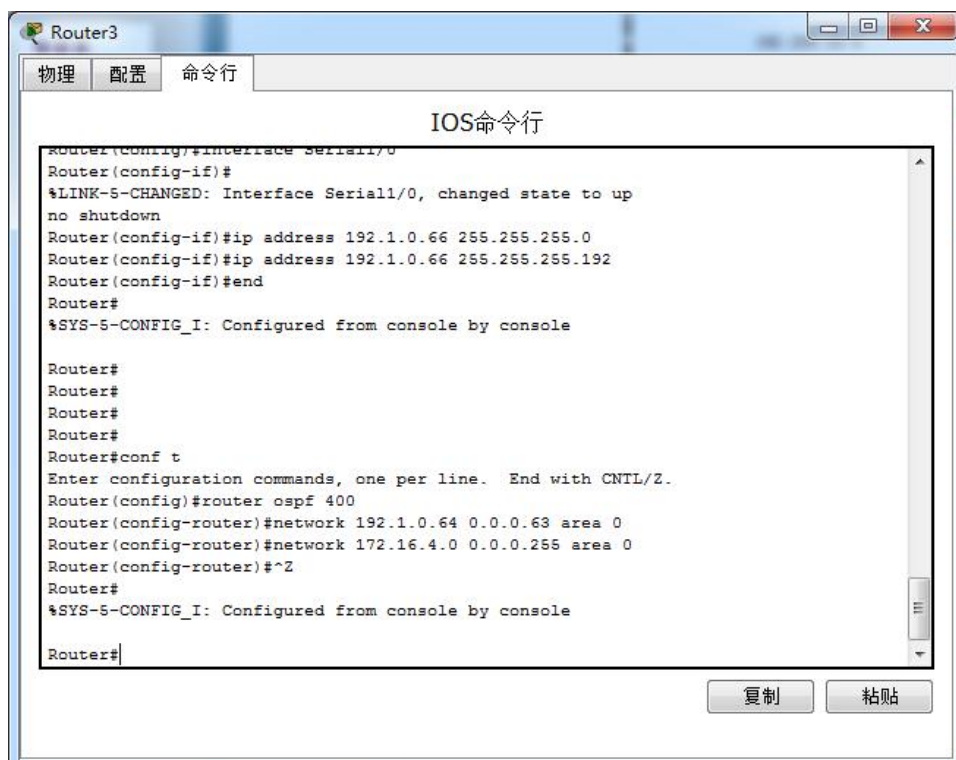


图 6 router3 配置

网络的连接情况如下 4 图所示。

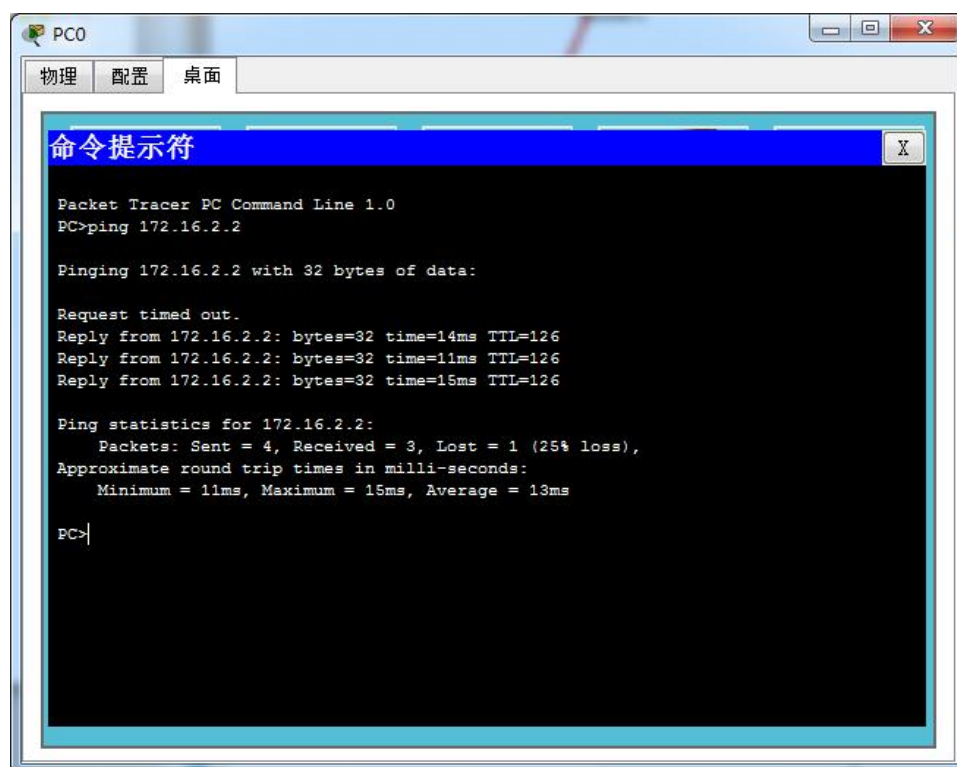


图 7 网络连接情况

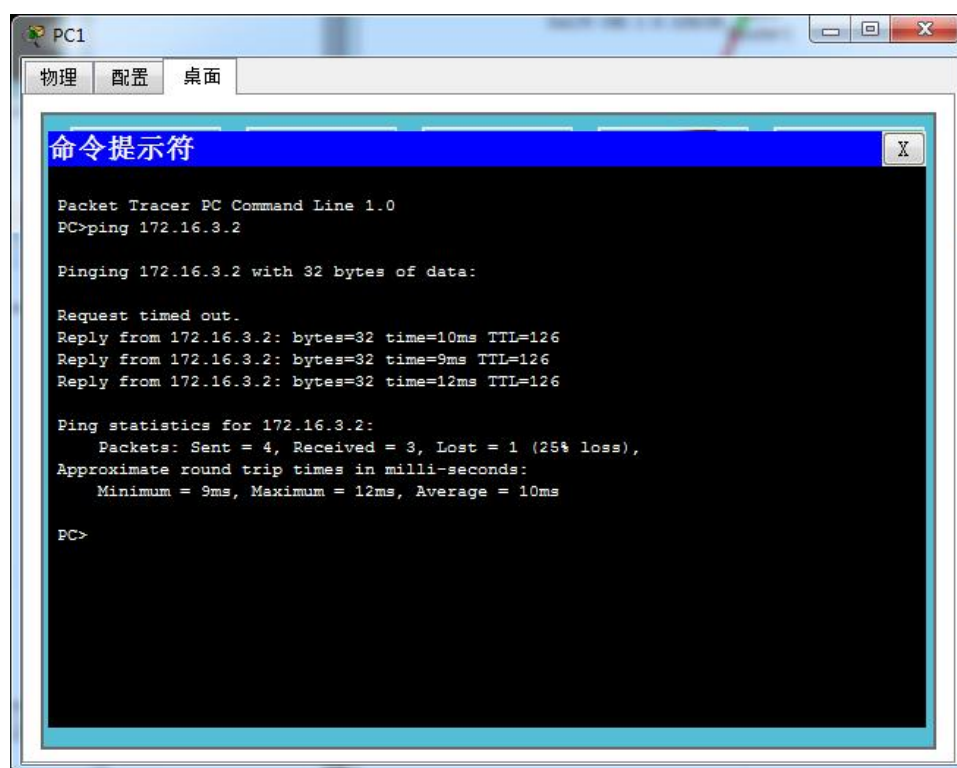


图 8 网络连接情况

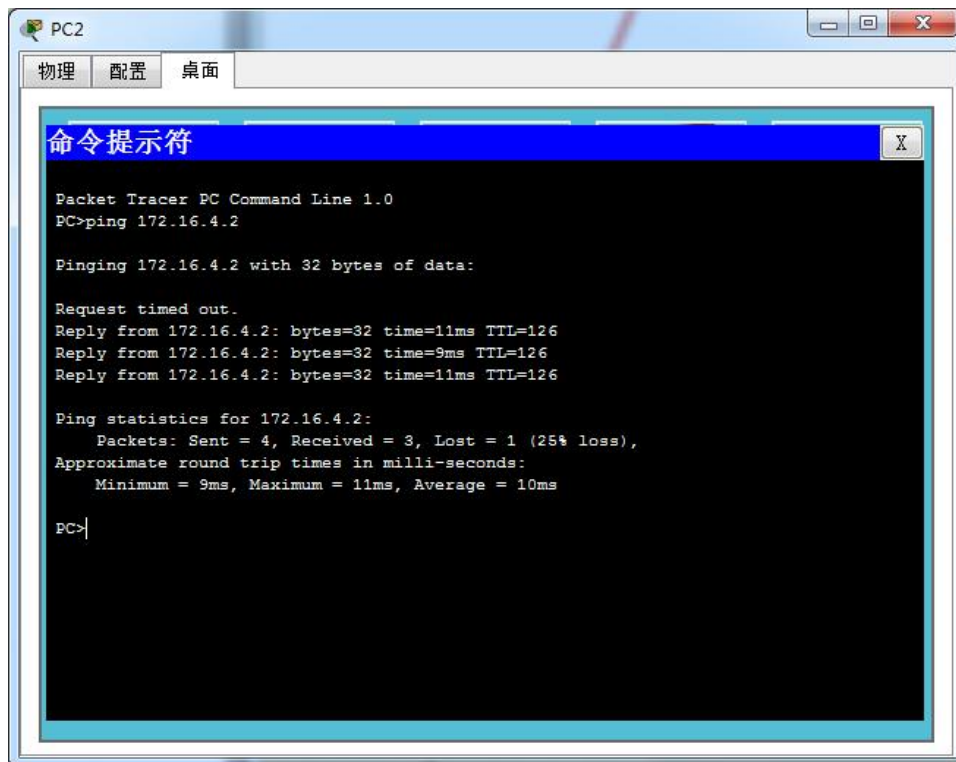


图 9 网络连接情况

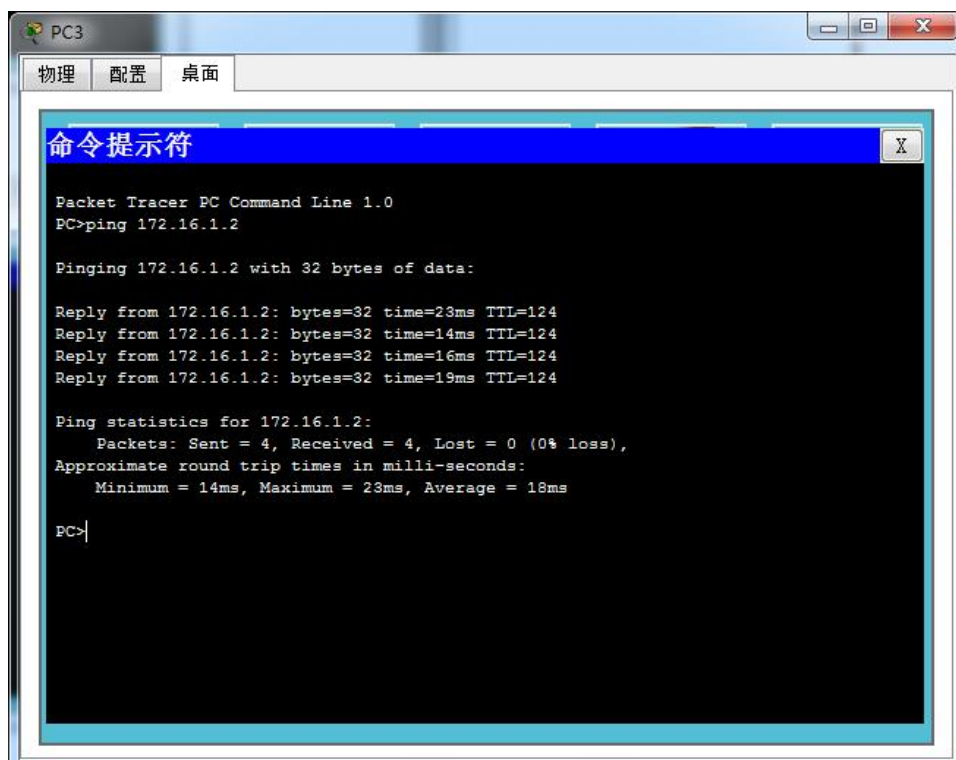


图 10 网络连接情况

## 五、实验总结

通过网络配置了解了 OSPF 的配置方式和原理，路由器会选择最短路径进行通信，在配置路由器的时候，要注意全部路由器在同一时钟频率。查看路由信息是否已经配置成功，在进行路由器间的通信。