

哈尔滨工业大学

<<计算机网络>>

实验报告

(2017 年度春季学期)

姓名:	张茗帅
学号:	1140310606
学院:	计算机科学与技术学院
教师:	聂兰顺

实验五 简单网络组建及配置

一、实验目的

- (1) 了解网络建设的相关过程，通过分析用户需求，结合自己掌握到的网络知识，规划设计网络实施方案。
- (2) 掌握基本的网络设备运行原理和配置技术。
- (3) 独立完成一个简单校园网的基本建设、配置工作，并能发现、分析并解决简单的网络问题。
- (4) 理论结合实践，深刻理解网络运行原理和相关技术，提高动手能力和应用技巧。
- (5) 引导学生对相关知识的探索和研究，促进学生的主动学习热情。

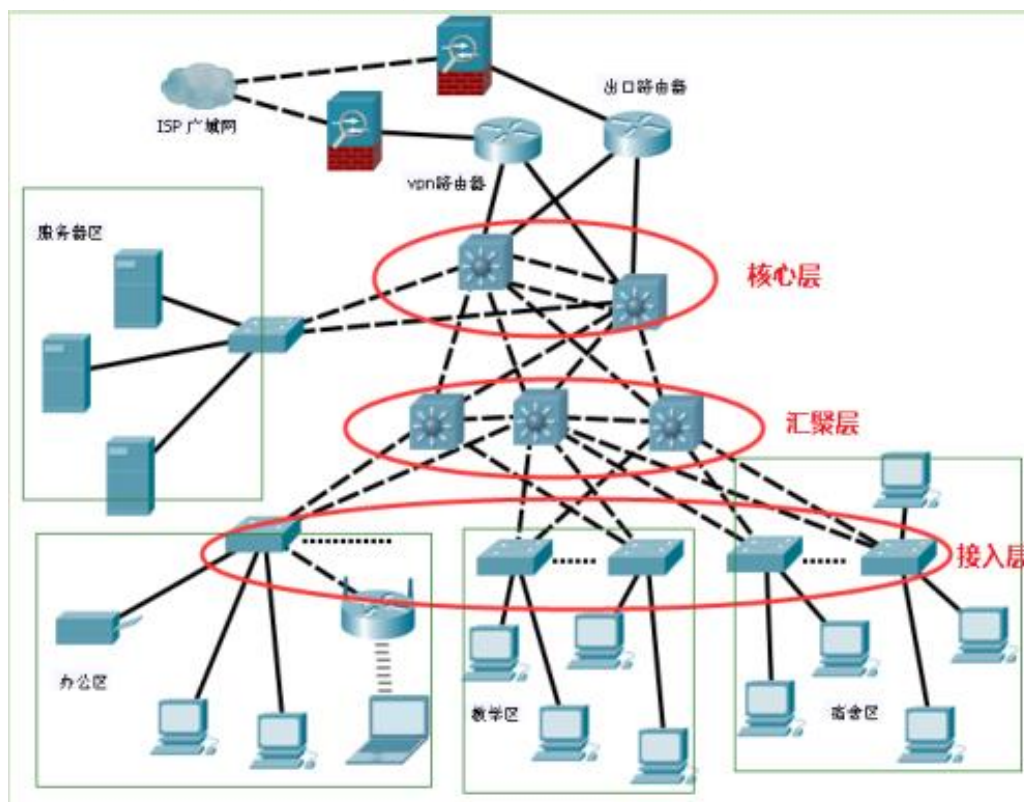
实验环境：

- 我的个人 PC 机
- Windows10 操作系统
- 网络模拟工具：Cisco packet tracer6.2

二、实验内容

(1) 实验项目

某职业技术学校决定新建校园网，网络规划设计师已经完成了该项目的总体规划和设计，部分具体项目规划和设计还没有完成；请你根据所学到的网络知识帮助该网络规划设计师完成剩余的工作内容，并承担整个项目的实施建设工作。完成如图所示网络：



(2) 实验需求

如图 6-1 所示,在不考虑对外服务(即校园网用户访问 Internet 和 Internet 用户访问校园对外服务器)及冗余链路的前提下,请按用户需求设计出该校园网的局域网部署规划设计,并最终完成各相关区域的各设备连通任务。

用户的相关需求如下,请给出具体的规划设计和实施过程:

① **校园中心机房** 存放网络核心设备、WEB 服务器、数据库服务器、流媒体服务器等相关服务器,服务器数量在 10 台以内,未来可扩展到 20 台。对全部校园网用户开放,提供 7*24 小时不间断服务支持。

② **办公区** 教师和校领导办公区,存放日常办公设备和相关耗材;目前用户数量 80 左右,未来可以扩展到 200;提供无线接入服务,禁止宿舍区用户访问该区资源,允许教学区用户访问该区资源。

③ **教学区** 提供各教学设备网络连接支持。目前,需联网的有线设备数为 120,未来可扩展到 240。

④ **宿舍区** 提供学生上网服务。目前,用户共计 700 人,未来可扩展到 1000 人。

	IP 地址	子网掩码\默认网关	VLAN 信息
服务器区	192.168.16.1 至 192.168.16.28	255.255.255.224\192.168.16.30	VLAN1
办公区	192.168.17.1 至 192.168.17.252	255.255.255.0\192.168.17.254	VLAN2
	192.168.18.1 至 192.168.18.252	255.255.255.0\192.168.18.254	VLAN3
教学区	192.168.19.1 至 192.168.19.252	255.255.255.0\192.168.19.254	VLAN4
宿舍区	192.168.24.1 至 192.168.24.252	255.255.255.0\192.168.24.254	VLAN11
	192.168.25.1 至 192.168.25.252	255.255.255.0\192.168.25.254	VLAN12
	192.168.26.1 至 192.168.26.252	255.255.255.0\192.168.26.254	VLAN13
	192.168.27.1 至 192.168.27.252	255.255.255.0\192.168.27.254	VLAN14

1. 实验步骤

(1) 项目分析

1) 在不考虑冗余链路的前提下,可将图 6-1 拓扑示意图简化为图 6-2 所示。

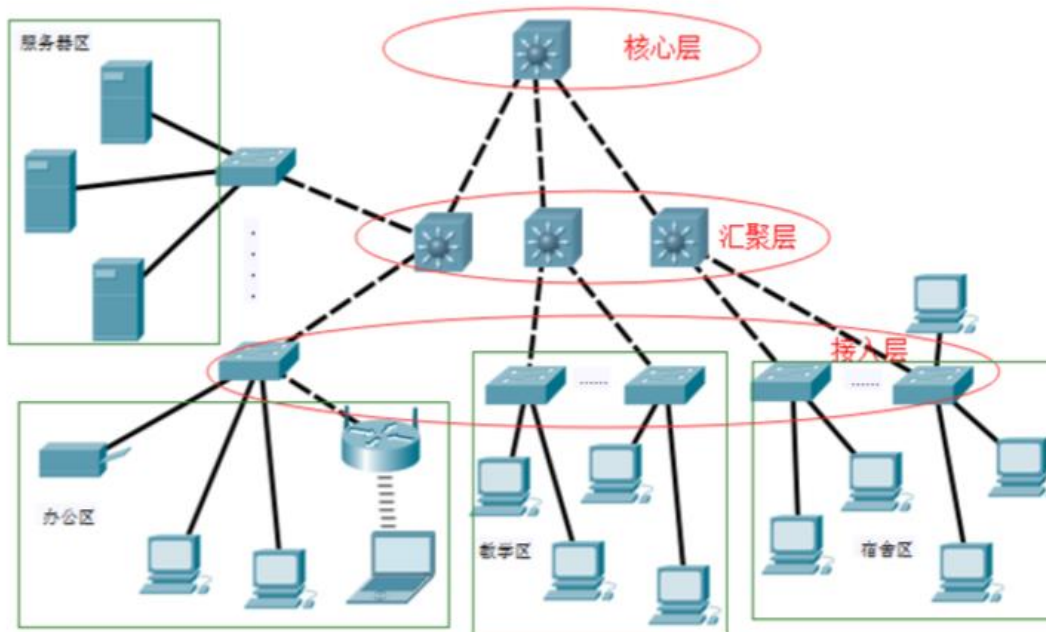


图 6-2 无冗余链路网络拓扑示意图

2) IP 地址分配方案分析：虽然私有 IP 地址数量较多，但为了管理方便，以及提高网络的高性能，减少不必要的流量消耗；我们更应该合理设计 IP 地址分配方案，便于以后的网络升级、扩展，便于相关网络策略的实施部署工作。

根据前面的用户需求可知：

中心机房（即服务器区），需要分配至少 20 个 IP 地址；

办公区，有线和无线至少要分配 400 个 IP 地址；

教学区，至少要分配 240 个 IP 地址；

宿舍区，至少要分配 1000 个 IP 地址；

3) 不考虑对外服务，则只设计校园局域网规划基本配置即可，即校园局域网的核心层、汇聚层和接入层基本连通服务设计。

4) 各网络设备基本配置内容包括：设备名称、密码；设备地址；设备访问方式。核心层，主要实现更快的数据传输速度，因此只需配置好适当的路由策略即可。汇聚层，根据需要这里可以实施必要的访问控制策略，如为相关终端提供参数配置服务（如 DHCP 服务）等。接入层，提供各种终端接入服务，包括有线和无线接入服务，以及允许或禁止接入终端的过滤策略等。

5) 禁止宿舍区的用户访问办公区的资源，允许教学区的用户访问办公区的资源；结合所掌握的网络技术，可以采用取消相关路由条目的方式禁止访问。

思考：

a) **根据你课堂或独自学习到的相关网络技术，该项目分析哪些地方还可以调整或改进？**

我认为，办公区的子网划分不合理，需要进行调整改进，因为中心机房存放网络核心设备、WEB 服务器、数据库服务器、流媒体服务器等相关服务器，且这些服务器对全部校园网用户开放，访问量巨大，同时提供 7*24 小时不间断服务支持，因此将其办公区教学区划分到一个子网不合理，有可能会造成办公区网络速度十分缓慢。

我认为第二个需要改进的地方就是宿舍区的子网划分问题，由于宿舍区的用户数目十分庞大，但是如果都在一个子网内，如果一处瘫痪，会导致全局瘫痪，与此同时，对宿舍区的网络速度也会产生一定的影响。

我认为第三个需要改进的地方就是办公区的划分 IP 地址的数量问题，按照实验指导书的说法，办公区要分配 400 个 IP 地址，而教学区才分配 240 个 IP 地址，我觉得这是不合理的，一个学校的办公人士怎么可能会比教师要多呢，显然，这么划分后，办公区子网内的 IP 地址可能会产生浪费，而教学区子网内的 IP 地址可能不足。

b) **宿舍区用户较多，但策略相同；选择一个子网还是划分两个或多个子网呢，说说你的理由？**

我认为对于宿舍区应当选择划分为多个子网，学校中学生是主体，而学生几乎全部住在宿舍中，于是宿舍区用户会非常的多，如果全部的宿舍区都划分在一个子网内，如果瘫痪，会导致全部瘫痪，而且网络的速度还是会很慢。我的建议是，根据不同的宿舍号码来进行子网划分，那哈工大做例子。A01 划分为一个子网，A02 划分为一个子网，依此类推。

c) **校园网内地址分配方案均采用公网 IP 地址（未进行合法注册的公网 IP 地址）可行么，为什么？如果个别区域采用了未注册的公网 IP 地址，校园网建成后（成功配置了同 Internet 的有效连接），校园网内的用户访问 Internet 正常么，该区域的用户访问 Internet 正常么？为什么？**

可行，如果是公网 IP 地址，那么每一台主机可以通过自己的真实唯一 IP 地址在网络上进行通信。

可行，可以采用地址映射技术，每一个区域内的每一台主机使用的均为私有 IP，只在该局域内有效，对外进行网络通信时，其 IP 会被转换成学校申请到的公有 IP 地址。

(2) 项目设计

1) IP 地址分配方案：

采用保留地址 192.168.0.0/16，最终分配范围 192.168.16.0 /20。其中，宿舍区分配 192.168.24.0/21 段地址；其余区分配 192.168.16.0 /21 段地址。

中心机房：VLAN1:192.168.16.0/27

办公区：VLAN2->VLAN3: 192.168.17.0/24 192.168.18.0/24

教学区：VLAN4: 192.168.19.0/24 192.168.20.0/24

宿舍区：VLAN11->VLAN14: 192.168.24.0/24~192.168.27.0/24

相关网络设备路由配置设计如图 6-3 所示（基本的网络设备参数设置未标明，仅大致标识了需要配置的路由策略）；

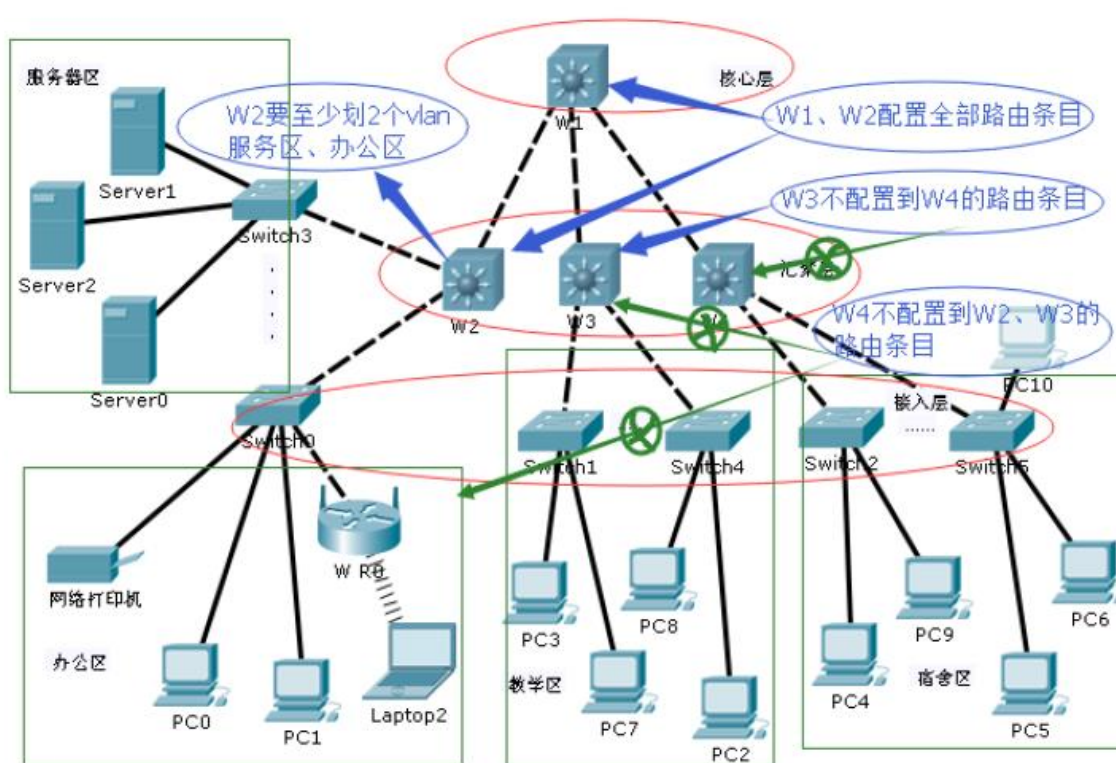


图 8-3 相关网络设备配置规划部分参考

思考：按该设计方式，能否满足实验需求；如果考虑同 Internet 的连接，该设计方案是否可行，说明你的根据？

我认为可行，各个区域分配的 IP 范围均满足设计需求，且彼此之前没有冲突。

3) 相关网络设备配置设计：

约定：

网络设备命名方式：楼号房间号_设备角色标识_[序号，可选]；网络设备地址：各连接网段的最后一个有效地址（主要指网关），级联相关网络设备按同网关设备的距离递减。

各网络设备配置说明：

W1 (三层交换机)：配置交换机的名称、密码，设备地址，telnet 访问参数，开启路由功能、设置相关静态路由，保存配置。

W2 (三层交换机)：配置交换机的名称、密码，设备地址，telnet 访问参数，划分 VLAN (实际按地址分配方案，划分成三个 vlan 更优)，开启路由功能、设置相关静态路由，保存配置。

W3 (三层交换机)：配置交换机的名称、密码，设备地址，telnet 访问参数，根据需要划分 VLAN，开启路由功能、设置相关静态路由，保存配置。

W4 (三层交换机)：配置交换机的名称、密码，设备地址，telnet 访问参数，根据需要划分 VLAN，开启路由功能、设置相关静态路由，保存配置。

Swch0—Swch3，以及其它级联交换机 (二层)：配置交换机的名称、密码，telnet 访问参数，根据需要划分 VLAN，开启路由功能、设置相关静态路由，保存配置。

W R0—W R2：配置无线设备的名称、密码，无线网络参数，设备地址，根据需要开启或禁止 DHCP 服务，保存配置。

4) 网络终端设备配置设计：

服务器区

IP 地址：192.168.16.0/27 网关：W2 的 vlan1 地址；

办公区

IP 地址：192.168.17.0/24 和 192.168.18.0/24 网关：W2 的 vlan2 和 vlan3 地址；

教学区

IP 地址：192.168.19.0/24 网关：W3 的地址；

宿舍区

IP 地址：192.168.24.0/24~192.168.27.0/24 网关：W4 的 vlan11 和 vlan14 地址；

5) 问题思考：

① 按以上项目设计内容，请你帮忙算出各区域终端设备的网关地址？

服务器区：192.168.16.30 VLAN1

办公区：192.168.17.254 VLAN2

192.168.18.254 VLAN3

教学区：192.168.19.254 VLAN4

宿舍区：192.168.24.254 VLAN11

192.168.25.254 VLAN12

192.168.26.254 VLAN13

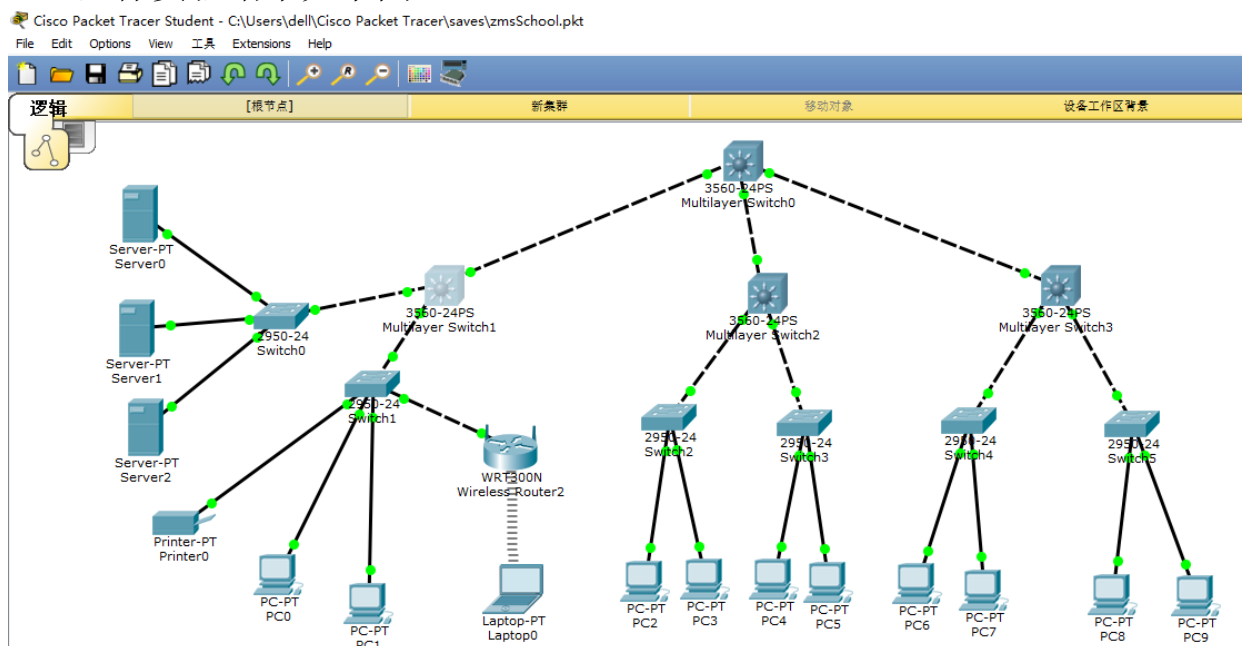
192.168.27.254 VLAN14

② 服务器区:采用“IP 地址：192.168.16.0/27”和 “ IP 地址：192.168.16.0/24”哪个更好，说说你的看法依据？

我认为选择 192.168.16.0/27 更好，根据其子网掩码 27，可以得到该子网下可以分配的 IP 地址数目为 $2^{(32-27)}-2=30$ ，而在需求说明中，我们知道中心机房只需分配 20 个地址即可， $30>20$ ，那么这个子网的大小足够使用，故无需分配更多的资源给服务器区，如果使用子网掩码为 24 的那个网，则会造成 IP 地址的浪费。

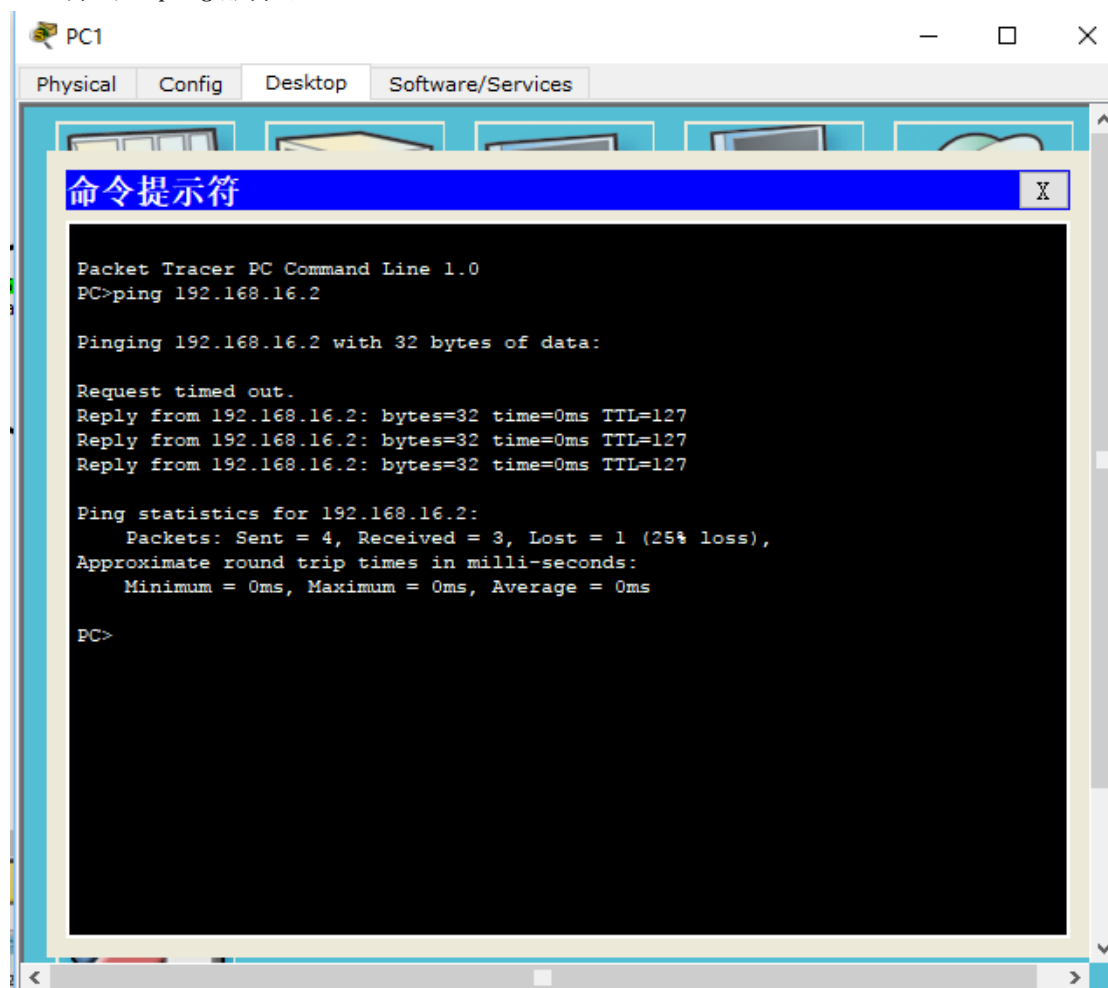
三、实验过程及结果

整体实验结果如下图：

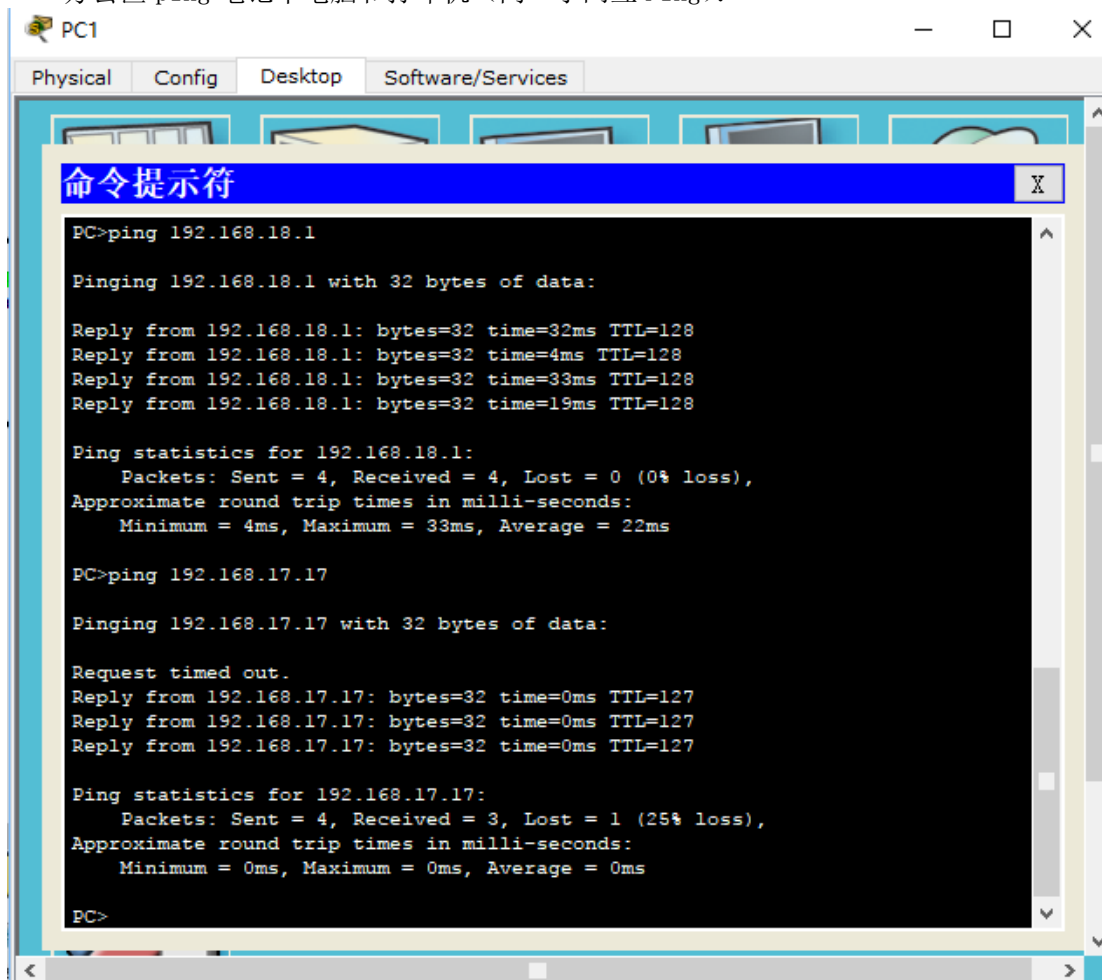


利用 Ping 进行测试：

办公区 ping 服务器区：



办公区 ping 笔记本电脑和打印机（同一子网互 Ping）:



```
PC1
Physical Config Desktop Software/Services

命令提示符

PC>ping 192.168.18.1

Pinging 192.168.18.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.18.1: bytes=32 time=32ms TTL=128
Reply from 192.168.18.1: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 192.168.18.1: bytes=32 time=33ms TTL=128
Reply from 192.168.18.1: bytes=32 time=19ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.18.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 4ms, Maximum = 33ms, Average = 22ms

PC>ping 192.168.17.17

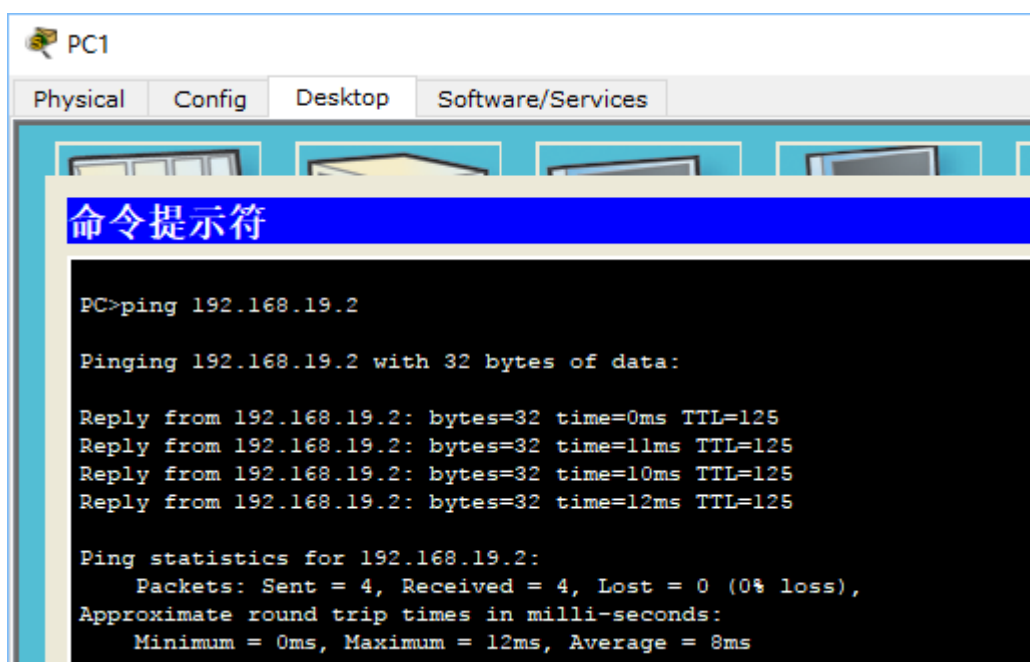
Pinging 192.168.17.17 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.17.17: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 192.168.17.17: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 192.168.17.17: bytes=32 time=0ms TTL=127

Ping statistics for 192.168.17.17:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

PC>
```

办公区 ping 教学区:



```
PC1
Physical Config Desktop Software/Services

命令提示符

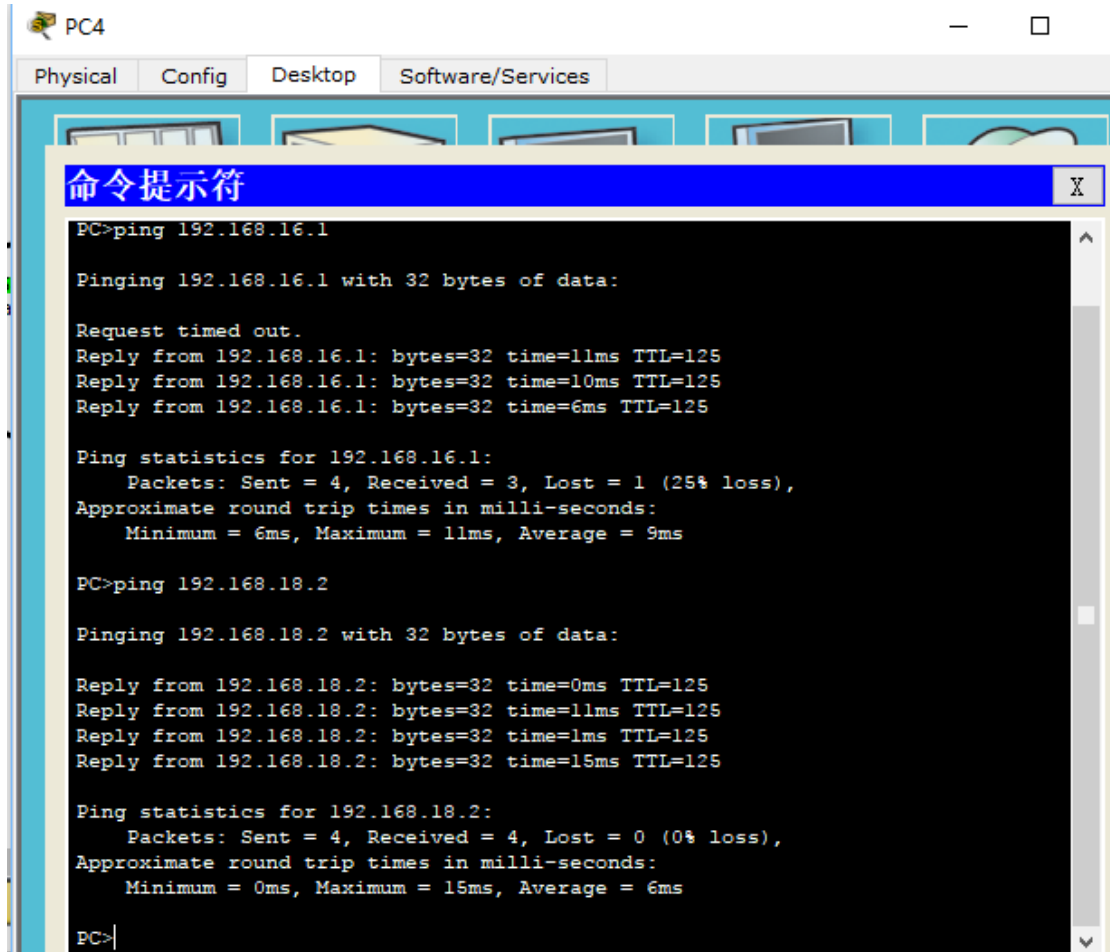
PC>ping 192.168.19.2

Pinging 192.168.19.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.19.2: bytes=32 time=0ms TTL=125
Reply from 192.168.19.2: bytes=32 time=11ms TTL=125
Reply from 192.168.19.2: bytes=32 time=10ms TTL=125
Reply from 192.168.19.2: bytes=32 time=12ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.19.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 12ms, Average = 8ms
```


教学区 ping 服务器和办公区：



```
PC4
Physical Config Desktop Software/Services

命令提示符
PC>ping 192.168.16.1

Pinging 192.168.16.1 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.16.1: bytes=32 time=11ms TTL=125
Reply from 192.168.16.1: bytes=32 time=10ms TTL=125
Reply from 192.168.16.1: bytes=32 time=6ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.16.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 6ms, Maximum = 11ms, Average = 9ms

PC>ping 192.168.18.2

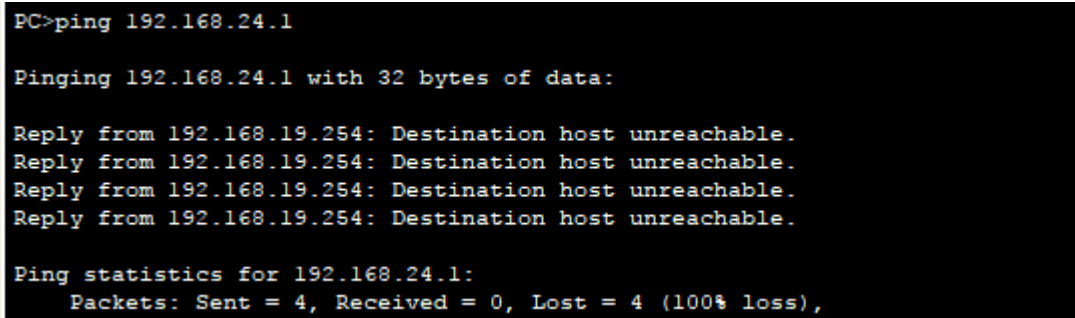
Pinging 192.168.18.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.18.2: bytes=32 time=0ms TTL=125
Reply from 192.168.18.2: bytes=32 time=11ms TTL=125
Reply from 192.168.18.2: bytes=32 time=1ms TTL=125
Reply from 192.168.18.2: bytes=32 time=15ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.18.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 15ms, Average = 6ms

PC>
```

教学区 ping 宿舍区（会失败，因为没有设置相应的路由条目）：



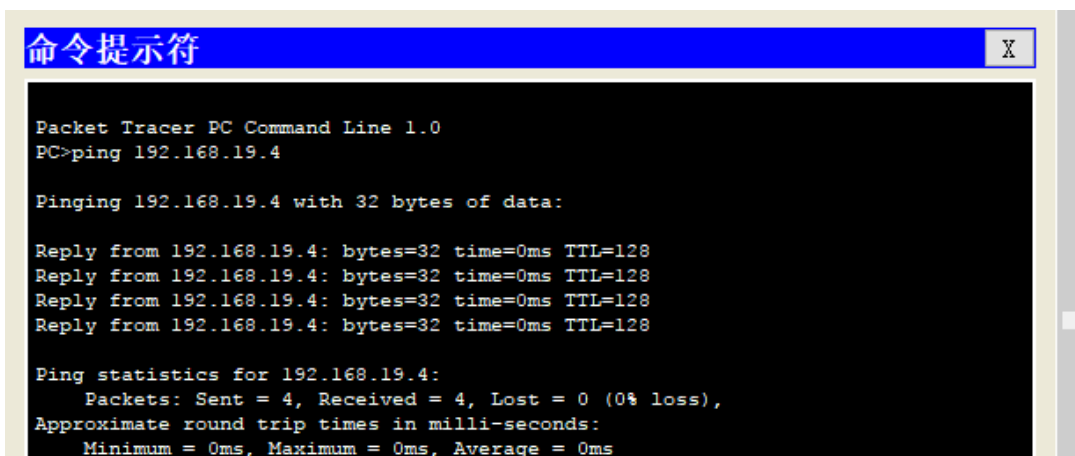
```
PC>ping 192.168.24.1

Pinging 192.168.24.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.19.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.19.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.19.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.19.254: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.24.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
```

教学区 ping 教学区：



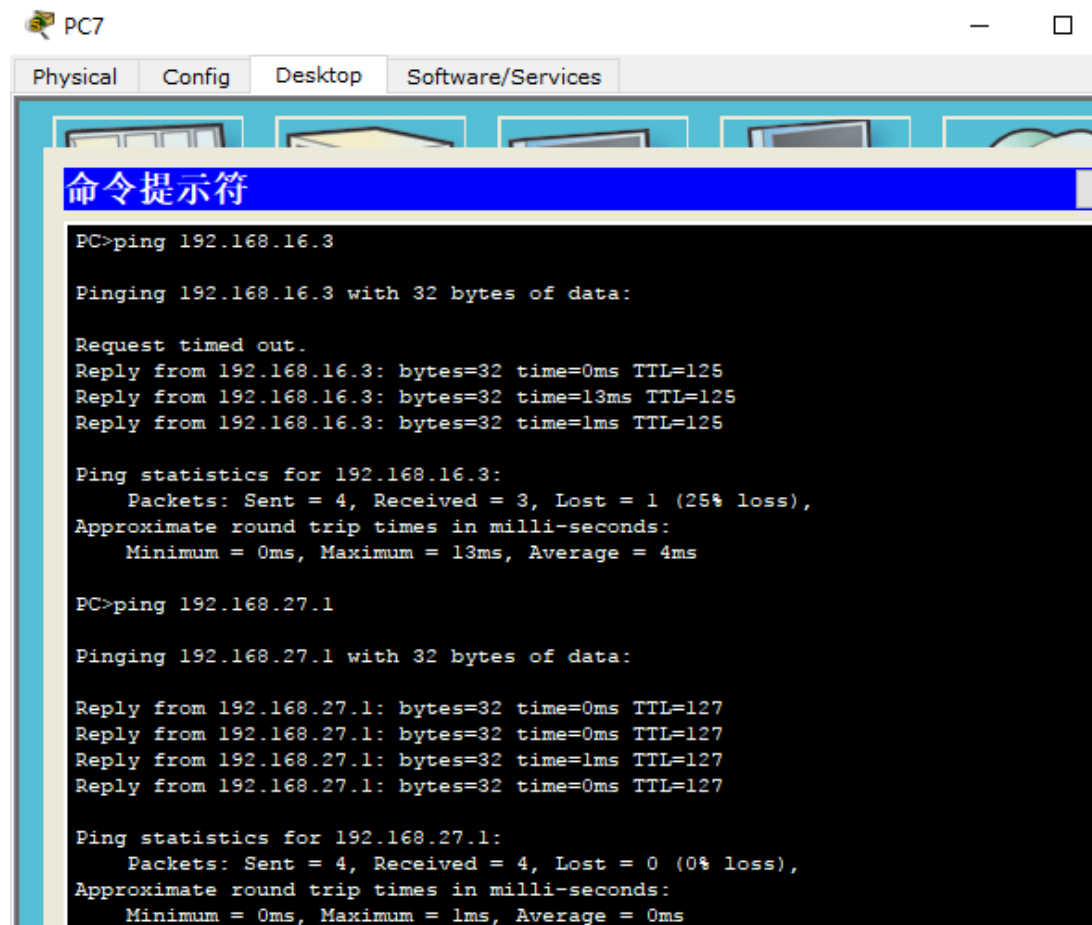
```
命令提示符
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 192.168.19.4

Pinging 192.168.19.4 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.19.4: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.19.4: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.19.4: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.19.4: bytes=32 time=0ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.19.4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

宿舍区 ping 服务器和宿舍区：



The screenshot shows a PC7 desktop with a taskbar containing icons for Physical, Config, Desktop, and Software/Services. A command prompt window titled "命令提示符" is open, displaying the following text:

```
PC>ping 192.168.16.3

Pinging 192.168.16.3 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.16.3: bytes=32 time=0ms TTL=125
Reply from 192.168.16.3: bytes=32 time=13ms TTL=125
Reply from 192.168.16.3: bytes=32 time=1ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.16.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 13ms, Average = 4ms

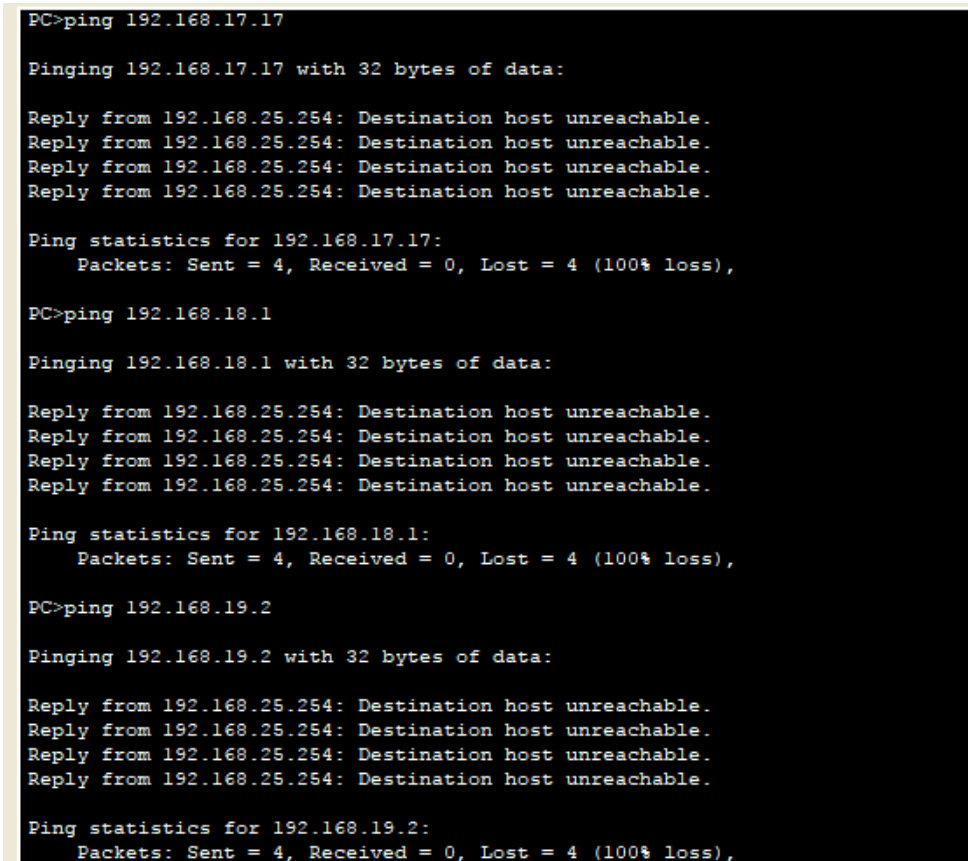
PC>ping 192.168.27.1

Pinging 192.168.27.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.27.1: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 192.168.27.1: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 192.168.27.1: bytes=32 time=1ms TTL=127
Reply from 192.168.27.1: bytes=32 time=0ms TTL=127

Ping statistics for 192.168.27.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
```

宿舍区 ping 教学区和办公区（会失败，因为没有设置相应的路由条目）：



The screenshot shows a command prompt window with the following text:

```
PC>ping 192.168.17.17

Pinging 192.168.17.17 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.17.17:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),

PC>ping 192.168.18.1

Pinging 192.168.18.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.18.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),

PC>ping 192.168.19.2

Pinging 192.168.19.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.25.254: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.19.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
```

讨论题：

(1) 总结实验收获与心得

见第四部分一>实验心得。

(2) 分析核心设备配置中的路由条目信息，想想是否有其它配置方案？

核心层W1：

Network Address
192.168.16.0/27 via 192.168.21.1
192.168.17.0/27 via 192.168.21.1
192.168.18.0/27 via 192.168.21.1
192.168.19.0/27 via 192.168.22.1
192.168.24.0/27 via 192.168.23.1
192.168.25.0/27 via 192.168.23.1
192.168.26.0/27 via 192.168.23.1
192.168.27.0/27 via 192.168.23.1

汇聚层W2：

Network Address
0.0.0.0/0 via 192.168.21.2

汇聚层W3：

Network Address
192.168.17.0/24 via 192.168.22.2
192.168.18.0/24 via 192.168.22.2
192.168.16.0/27 via 192.168.22.2

汇聚层W4：

Network Address
192.168.16.0/27 via 192.168.23.2

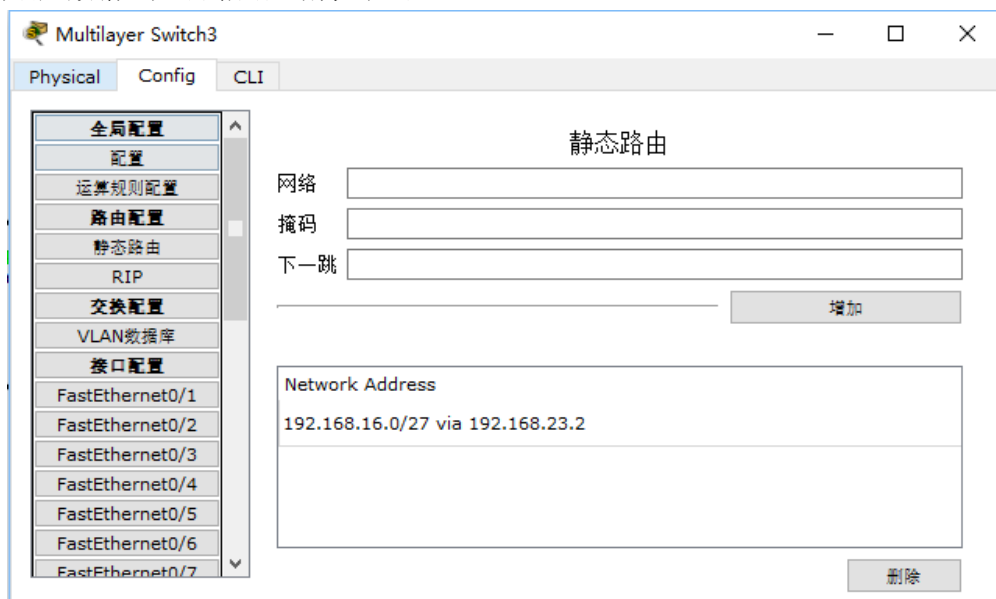
这个配置方案是严格按照实验指导书上进行配置的，按照我的想法的话，我认为教学区可以配置到宿舍区的路由条目，因为这样的话，教师可以和学生进行更好的互动与交流，提高师生之间的感情。

(3) 汇聚层交换机中，宿舍区为何与其它汇聚层路由条目设置不同？

因为这样可以限制宿舍区对其他资源的访问，如教学区以及办公区，禁止访问办公区是为了防止信息泄露以及可能造成的学生对学校机密信息的篡改，禁止访问教学区可能是为了防止教学资源的泄露，这个东西是有知识产权的，学生如果可以随便获取并可能随意的发不到网络上就会侵权，也会对老师的利益造成极大的损害。

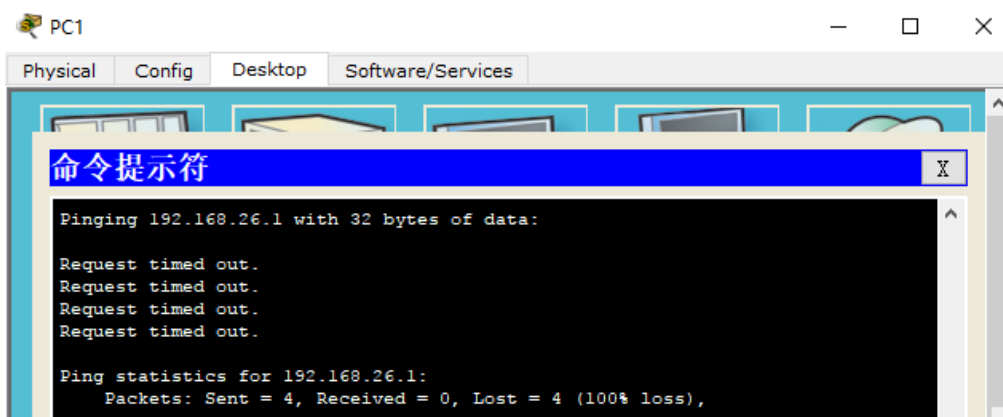
(4) 办公室和教学区的用户可以访问宿舍区么，可以结合模拟工具测试，看看为什么？

都不可以，首先办公室区可以发送数据包给宿舍区，但宿舍区的主机接收到数据包后，由于其交换机中没有路由到办公室区域的路由条目，如下图，所以从宿舍区主机产生的响应数据包无法路由回给办公室区：



注：宿舍区的电脑只有路由到服务器区域的路由条目

测试结果如下：

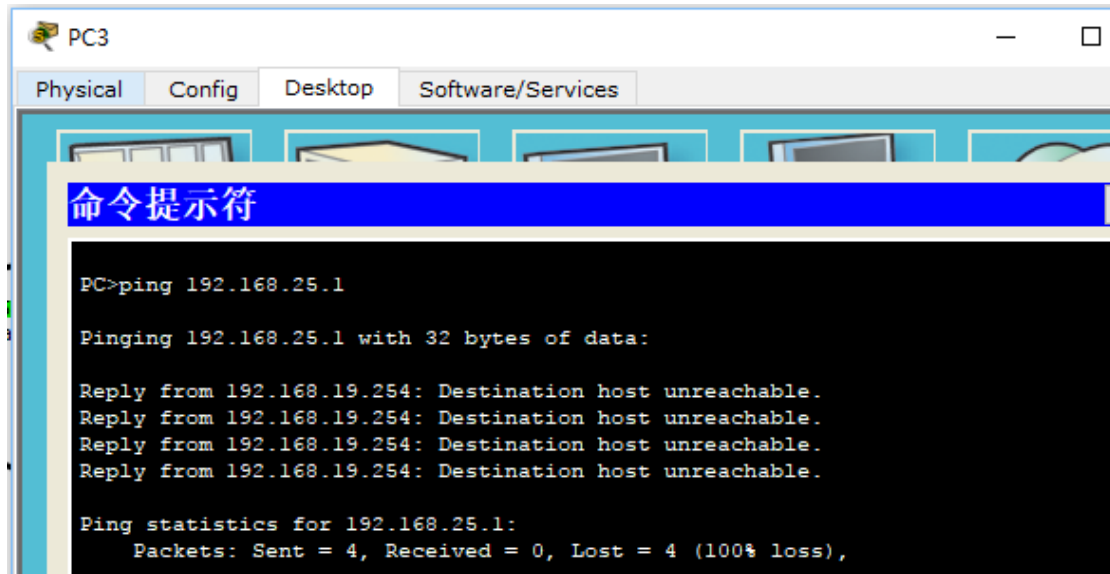


对于教学区，由于其路由条目中根本就没有路由到宿舍区的相关条目，因此，教学区的用户也无法访问宿舍区的用户。



注：由上图可以教学区只能访问服务器和办公区

测试结果如下：



（5）深刻理解路由表的作用，路由器和交换机的工作原理，以及数据包在网络中的转发过程。

路由表的作用

路由表的作用，简单来说主要作用是供路由器查找目标网络，进而确定转发接口及下一跳路由，完成数据包的转发功能。

路由器工作原理

路由器是 OSI 协议模型的网络层中的分组交换设备（或网络层中继设备），路由器的基本功能是把数据（IP 报文）传送到正确的网络，包括：

- 1.IP 数据报的转发，包括数据报的寻径和传送；
- 2.子网隔离，抑制广播风暴；
- 3.维护路由表，并与其他路由器交换路由信息，这是 IP 报文转发的基础。
- 4.IP 数据报的差错处理及简单的拥塞控制；
- 5.实现对 IP 数据报的过滤和记帐。

总而言之，路由器的主要功能就是路由，所谓路由就是指通过相互连接的网络把信息从源地点移动到目标地点的活动。一般来说，在路由过程中，信息至少会经过一个或多个中间节点。

交换机工作原理

交换机---交换是按照通信两端传输信息的需要，用人工或设备自动完成的方法，把要传输的信息送到符合要求的相应路由上的技术统称。广义的交换机就是一种在通信系统中完成信息交换功能的设备。

交换机拥有一条很高带宽的背部总线和内部交换矩阵。交换机的所有的端口都挂接在这条背部总线上，控制电路收到数据包以后，处理端口会查找内存中的地址对照表以确定目的 MAC（网卡的硬件地址）的 NIC（网卡）挂接在哪个端口上，通过内部交换矩阵迅速将数据包传送到目的端口，目的 MAC 若不存在才广播到所有的端口，接收端口回应后交换机会“学习”新的地址，并把它添加入内部 MAC 地址表中。

使用交换机可以把网络“分段”，通过对照 MAC 地址表，交换机只允许必要的网络流量通过交换机。通过交换机的过滤和转发，可以有效的隔离广播风暴，减少误包和错包的出现，避免共享冲突。

交换机在同一时刻可进行多个端口对之间的数据传输。每一端口都可视为独立的网段，连接在其上的网络设备独自享有全部的带宽，无须同其他设备竞争使用。

总而言之，交换机是一种基于 **MAC** 地址识别，能完成封装转发数据包功能的网络设备。交换机可以“学习”**MAC** 地址，并将其存放在内部地址表中，通过在数据帧的始发者和目标接收者之间建立临时的交换路径，使数据帧直接由源地址到达目的地址。

数据包在网络中的转发过程

首先，数据包可能由高层协议产生，一步一步，逐渐按照 7 层的模型逐层封装数据包，然后放到网络中进行传输，数据包每当经过一个路由器时，路由器首先将其一步一步还原到网络层的 IP 数据包，然后根据其目标地址字段查询自己的路由表来确定下一步该做什么，如果找到了下一跳的地址，则将该数据包再往下一层层地封装好发送到对应的路由器接口中从而在网络中进行继续传输，然后下一个路由器收到该报文后继续进行同样的工作；如果没有在路由表中找到对应的匹配项，或者 IP 报文经过检测发现不合法（如 TTL 超时），则丢弃该报文，并向源主机回发一个 ICMP 错误指示报文。

四、实验心得

通过本次实验，我对计算机网络有了一个整体的认识，对于路由器和交换机的原理进行了深入的认知，我也熟练掌握了 Cisco Packet Tracer 这个软件的使用方法。与此同时，对于数据包在网络中进行转发的详细过程有了更加明确深入的理解。通过自己亲自动手完成简单网络的搭建，熟悉了简单网络搭建的基本流程，在这个过程中，也遇到了许多错误，例如刚开始，我的交换机 W1, W2, W3, W4 每一个局域网没有和其对应的端口号对应上，疏忽了这一点导致整个网络一点也不能用，第二个印象比较深的错误就是对于无线网络下笔记本的连接问题，起初，我设计的笔记本电脑一直无法连接到无线网络，后来经过与同学的探讨才知道无线路由器与笔记本电脑相连的那一条线应当是虚线（也就是交叉线）。尽管在设计途中遇到了一些艰难险阻，但我还是一步一步最终成功完成了实验，收获颇丰。