



综合组网实验的设计与实现

边胜琴¹, 王建萍¹, 张力军², 王洪泊¹, 崔晓龙¹

(1. 北京科技大学 计算机与通信工程学院, 北京 100083; 2. 北京航空航天大学 计算机学院, 北京 100083)

摘要: 综合组网实验是计算机网络实验教学的重要内容之一。该实验采用 Packet Tracer 模拟器实现, 内容涉及网络逻辑规划设计、VLAN 间通信、路由交换、NAT 地址转换等知识点。实验给出了设备配置方法, 并对结果进行了验证。通过该实验, 学生对子网掩码、虚拟局域网、网络地址转换等相关知识点加深了理解, 学习的主动性和积极性有所提高。

关键词: 路由器; 交换机; 模拟; 计算机网络

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20190242

Design and Implementation of Comprehensive Networking Experiment

BIAN Shengqin¹, WANG Jianping¹, ZHANG Lijun², WANG Hongbo¹, CUI Xiaolong¹

(1. School of computer and communication engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;

2. School of Computer, Bei hang University, Beijing 100083, China)

Abstract: Comprehensive networking experiment is one of the important contents of computer network experiment teaching. These projects have real application background and strong practicality. They can cover the basic knowledge of computer network, especially the ability to inspect students' IP address planning and understanding, and can effectively cultivate students' flexible and comprehensive practical ability. The experiment is implemented by Packet Tracer simulator, involving knowledge points such as network logic planning and design, VLAN communication, routing and switching, NAT address translation, etc. The equipment configuration method is given, and the results are verified. Through this experiment, students deepened their understanding of relevant knowledge points such as subnet masks, virtual local area networks, and network address translation, and students' learning initiative and motivation have improved.

Key words: router; switch; simulation; computer network

培养学生的工程观念、实践动手能力和科学研究能力已经成为教育工作者的共识, 并通过各种教学方法和教学手段来实现这一目标^[1-3]。计算机网络理论教学涵盖物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层等各层的知识, 实验内容也围绕相关知识点展开, 主要包括网络协议分析、交换机配置、路由协议分析与配置、服务器配置、网络安全与管理等内容^[4-16]。因为实验学时、教学资源有限, 综合组网设计实验在实验课堂进行存在困难, 但是它对理解网络层的知识点有着重要的实践意义和广泛的工程应用背景。如 IP 地址的设计和规划、静态路由和动态路由的选择、

内网的安全性等。

为了使学生深刻理解 IP 地址划分的基础知识和实用价值, 掌握局域网组建的基本方法, 本文设计了一个综合组网设计方案, 通过简单的实际案例对学生进行自主训练, 提高学生对计算机网络的研究兴趣, 拓宽专业视野, 培养实践动手能力。

在学生对网络设备和网络命令熟悉的基础上, 组合设计类实验尝试使用 Packet Tracer 仿真软件来开展, 教师给出实验应用背景和要求, 要求学生从项目需求出发, 先进行分析和设计, 然后配置、测试、实现整个过程。通过实际项目的训练, 调动学生学习的积极性, 理解和掌握网路工程技

收稿日期: 2019-06-20; 修回日期: 2019-10-21

基金项目: 北京科技大学教学改革与研究面上项目“计算机网络开放式实验教学”(JG2015M29); 北京科技大学教学改革与研究面上项目“面向大数据应用的计算机实践教学改革研究”(JG2016M27); 北京科技大学 2019 年精品在线开放课程“计算机网络”(2019)。

作者简介: 边胜琴(1977-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事计算机网络实验教学。

术的各个模块和细节，从而提高实验教学效果。

1 综合组网设计实验内容

1.1 实验目的

掌握综合组网的常用配置技术，包括交换机的配置，VLAN 间路由通信；路由器端口配置，静态路由和默认路由配置；了解 NAT 的工作原理，掌握动态 NAT 的配置方法等。

1.2 实验设备

实验设备包括路由器 2 台，三层交换机 1 台，二层交换机 8 台，Web 服务器 1 台，FTP 服务器 1 台，个人电脑若干台，直通线、交叉线、串口线若干。实验在 Packet Tracer 仿真软件上实现。

1.3 实验背景与要求

某公司要建设自己网络，规划图如图 1 所示。公司网络分为内外网，内网又划分为多个区域：数据中心、销售部门、财务部门、研发部门等。公司采用三层交换机与网络服务商的路由器相连，三层交换机负责内部网络流量的转发，连接多个区域的二层交换机。公司从网络服务商处租用 12 个 C 类地址 202.204.100.1-12/24，已知网络服务商路由器外部接口地址 202.204.100.2/24。请给出设计方案，满足如下 5 个要求：

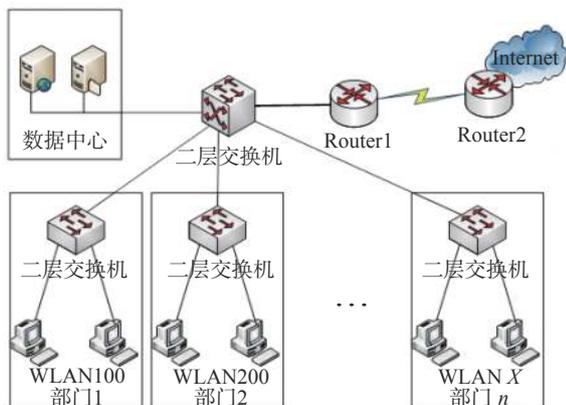


图 1 局域网组建实验拓扑图

1)子网数目越多越好，每个子网代表一个部门，但每个子网的主机数大于 32 台；

2)所有用户都能上网，即要求所有主机都能 ping 通网络服务商路由器 Router2 的 Se0/1/0 串口地址 202.204.100.2；

3)用同一个网络地址空间 192.168.1.0 为各个 VLAN 分配相应地址，子网内最小的 IP 地址作网关。子网内 2 台 PC，IP 地址分别设置为最小(网

关除外)和最大；

4)采用合适的路由(静态、RIP、OSPF)实现网络的连通性；

5)实现网络地址转换(NAT)功能，内网若干台电脑对应 1 个公网 IP，内网 PC 采用动态 NAT 技术连接 Internet，内网 Web 和 FTP 服务器采用静态 NAT 技术能够被外界访问。

2 实验分析与规划

2.1 需求分析

1)各个部门的电脑都需要联网，又要保证上网速率，最好采用 VLAN 技术进行隔离。

2)内网若干台电脑对应 1 个公网 IP，从内网安全的角度出发，内网 PC 采用动态 NAT 技术连接 Internet。

3)内网中 Web 和 FTP 服务器需要被外界访问，最好采用一对一静态地址映射。

4)整个网络大概分为 3 个不同网段，路由器和三层交换机可以采用静态路由或默认路由，与网络服务商的 IP 地址相连。

2.2 子网 IP 地址规划

每个子网的主机数大于 32 台， $2^5=32$ ，如果主机位占 5 bit，子网内可用 IP 为 $32-2=30$ ，不满足子网主机数大于 32 的要求；因此主机位最少占 6 bit，子网号占 2 bit，子网掩码最后一位为 $128+64=192$ ，完整子网掩码为 255.255.255.192，子网可用 IP 地址的个数为 $2^6-2=62$ 个，子网详细地址规划如表 1 所示。

主机二进制位全 0 和全 1 的地址不能用，VLAN100 中 192.168.1.0/26 不能使用容易理解，它代表一个网络号；192.168.1.63/26 这个地址也不能用，这对于学生来说理解起来有点难度，192.168.1.63 主机位二进制为 111111，它代表子网的全部主机，是一个广播地址，不能用做一台主机的 IP 地址。因此子网 VLAN100 中 IP 地址实际可用范围为 192.168.1.1-62，选择范围内第一个地址 192.168.1.1 做网关，其他 IP 地址分配给主机，则主机可用 IP 范围为 192.168.1.2-62。

VLAN200 中 192.168.1.64/26 主机二进制位为 000000，代表一个子网，192.168.1.64/26 不能用作主机的 IP。IP 地址 192.168.1.127/26 对应的主机二进制位为 111111，代表子网的广播地址，因此也不能用，VLAN200 实际可用 IP 范围为 192.168.1.65-126，

选择第一个地址 192.168.1.65 做网关, 其他分配给主机, 则主机可用 IP 范围为 192.168.1.66-126, 子网最多可有 60 台主机。

后续其他子网类似, 子网实际可用 IP 有 61 个, 取第一个 IP 地址做网关, 其他 IP 分配给主机, 子网内主机数目最多可有 60 台, 满足大于 32 台的需求。

公司租赁的 12 个公网 IP 分布如下: 202.204.100.1-202.204.100.2 分别作为 2 个路由器的接口地址; 202.204.100.3-202.204.100.10 用于动态 NAT 的地址池; 202.204.100.11 和 202.204.100.12 分别用于 WEB 服务器和 FTP 服务器的静态映射地址。

3 重要知识点分析

3.1 虚拟局域网技术

虚拟局域网技术(VLAN)是计算机网络实验中的一个重要知识点, VLAN 间的通信要么通过单臂路由实现, 要么通过三层交换机的路由功能实现。局域网组建过程中, 由于三层交换机的扩展能力强, 数据吞吐量大于路由器, 所以一般采用核心交换机实现 VLAN 间的通信。

3.2 NAT 原理与类型

网络地址转换(NAT)是计算机网络实验的重要内容, 一般和访问控制列表(ACL)搭配使用,

保证内网安全的前提下, 能够实现 Internet 访问, 是组建综合性、复杂性网络的基础, 它的产生主要是为了解决 IPv4 地址枯竭问题, NAT 技术可以将数百个私有 IP 地址映射为一个公网 IP 地址, 大大减少了公网 IP 地址的使用; 另外, NAT 技术还能屏蔽内部网络结构, 增强网络安全性, 内部 IP 地址对外不可知, 有效降低内部网络受攻击的风险。局域网连接到出口路由器上, 启用 NAT 功能, 路由器就能把内部私有地址转换成公网地址, 并且将网络分成内部(inside)和外部(outside)两部分。

3.3 网络路由配置

路由分为直连路由、静态路由、动态路由 3 种。直连路由无需配置, 是路由器根据网络接口地址学习到的。静态路由, 是网络管理员手工配置添加的路由条目, 不随网络结构或地址的变化发生改变, 在中小型企业中较为常见。默认路由是一种特殊的静态路由, 当路由表中没有与数据包目的地址对应的条目时, 路由器选择默认路由进行数据包转发。大规模网络中, 网络结构或地址改变的随机性较大, 路由器最好采用动态路由技术, 比如 RIP 或者 OSPF, 路由器之间不断发送消息, 维护网络邻居关系, 自适应网络状态变化, 从而对路由表进行动态的维护和更新。

表 1 子网划分详细地址规划

VLAN ID	IP范围	掩码	网关	主机可用IP段
100	192.168.1.0 -192.168.1.63	255.255.255.192	192.168.1.1	192.168.1.2 -192.168.1.62
200	192.168.1.64 -192.168.1.127	255.255.255.192	192.168.1.65	192.168.1.66 -192.168.1.126
300	192.168.1.128-192.168.1.191	255.255.255.192	192.168.1.129	192.168.1.130-192.168.1.190
400	192.168.1.192-192.168.1.255	255.255.255.192	192.168.1.193	192.168.1.194-192.168.1.254

4 工程实现与验证

根据实验要求及逻辑分析, 内网区划分为 4 个 VLAN, 分别对应 4 个不同的部门。数据中心作为公司对外服务的重点区域, 单独划分为 VLAN20, 用于存放服务器设备。设备选型及连接如图 2 所示。

三层交换机和路由器的配置是实验实现的关键, 三层交换机上需要完成 VLAN 的划分以及 IP 分配, 同时要能与路由器 R0 和 R1 互联互通。路由器 R0 需要配置 NAT 地址转换, 保护内部网络的

安全性, 与安全访问控制列表 ACL 搭配使用, 实现 Internet 的访问功能。路由器 R1 配置相对简单一些, 重要的是路由配置, 能够访问内部多个子网。

IP 地址规划, 能有效控制网络冲突, 一定程度上能减少管理和维护工作量。本实验中 192.168.1.0 网段用于企业内部不同的部门, 192.168.20.0 网段用于企业服务器 IP 地址, 192.168.10.0 网段用于连接路由器 R0。R1 代表外部网络的路由器, 用来测试与企业内部主机的连通性。网络设备端口 IP 地址如表 2 所示。

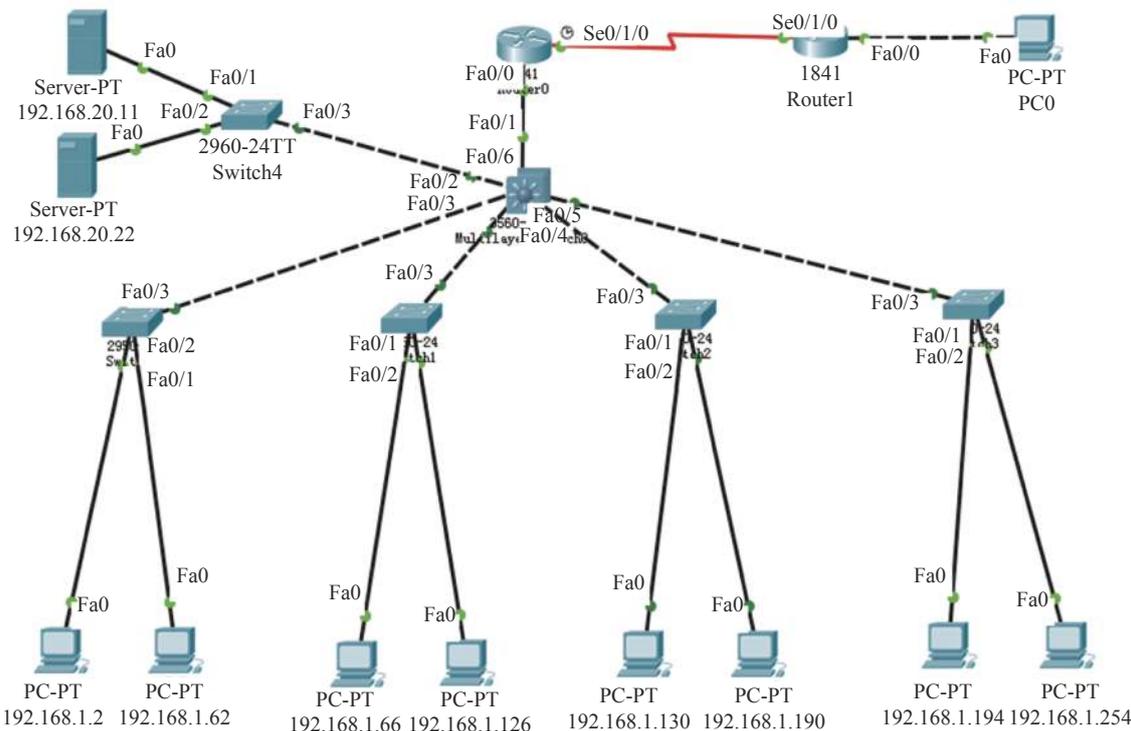


图 2 组网实验规划图

表 2 网络设备端口地址表

设备	端口	IP地址
三层交换机	Fa0/1(VLAN10)	192.168.10.1/24
三层交换机	Fa0/6(VLAN20)	192.168.20.1/24
路由器R0	Fa 0/0	192.168.10.1/24
路由器R0	Serial 0/1/0	202.204.100.1/24
路由器R2	Serial 0/1/0	202.204.100.2/24
路由器R2	Fa 0/0	202.204.101.1/24

4.1 三层交换机配置

核心交换机采用设备 Switch3560，需要创建虚拟局域网 VLAN，配置接口地址，配置静态路由或者默认路由。关键代码如下。

1)首先创建 VLAN，并为 VLAN 分配 IP 地址，命令如下：

```
Switch(config)#interface vlan 100
Switch(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.192
Switch(config)#interface vlan 200
Switch(config-if)#ip address 192.168.1.65 255.255.255.192
Switch(config)#interface vlan 300
Switch(config-if)#ip address 192.168.1.129 255.255.255.192
Switch(config)#interface vlan 400
Switch(config-if)#ip address 192.168.1.193 255.255.255.192
```

```
Switch(config)#interface vlan 10
Switch(config-if)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
Switch(config)#interface vlan 20
Switch(config-if)#ip address 192.168.20.1 255.255.255.0
```

2)三层交换机的 F0/2、F0/3、F0/4、F0/5、F0/6 设置 trunk 模式

```
Switch(config)#interface f0/2
Switch(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
Switch(config-if)# switchport mode trunk
配置完成，用 show interface trunk 命令查看配置，如图 3 所示。
```

3)三层交换机的 F0/1 端口划分到 VLAN10，命令如下：

```
Switch(config)#interface f0/1
Switch(config-if)#switchport access vlan 10
```

4.2 二层交换机的配置

创建 VLAN 并给 VLAN 添加端口；将与三层交换机相连的端口设成 Trunk 模式。

```
Switch(config)#vlan 100
Switch(config-vlan)#exit
Switch(config)#interface range f0/1-2
```

```
Switch(config-if)#switchport access vlan 100
```

```
Switch(config-if)#exit
```

```
Switch(config)#interface f0/3
```

```
Switch(config-if)#switchport mode trunk
```

用 show vlan 命令查看配置情况, 如图 4 所示。

```
Switch#show interfaces trunk
Port          Mode          Encapsulation  Status        Native vlan
Fa0/2         on            802.1q         trunking      1
Fa0/3         on            802.1q         trunking      1
Fa0/4         on            802.1q         trunking      1
Fa0/5         on            802.1q         trunking      1
Fa0/6         on            802.1q         trunking      1

Port          Vlans allowed on trunk
Fa0/2         1-1005
Fa0/3         1-1005
Fa0/4         1-1005
Fa0/5         1-1005
Fa0/6         1-1005
```

图3 查看交换机 trunk 端口

```
Switch#show vlan
VLAN Name        Status    Ports
-----
1    default        active    Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7
                                           Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11
                                           Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15
                                           Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19
                                           Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23
                                           Fa0/24
100  VLAN0100       active    Fa0/1, Fa0/2
1002 fddi-default  act/unsup
1003 token-ring-default  act/unsup
1004 fddinet-default  act/unsup
1005 trnet-default  act/unsup
```

图4 查看 VLAN 配置

4.3 路由器配置

网络服务商路由器 Router0 端口 Fa0/0 连接三层交换机的端口 Fa0/1, Router1 串口 serial 0/1/0 连接公网路由器 Router1 串口 serial 0/1/0。配置命令如下:

```
Router0(config)#interface Fa 0/0
```

```
Router0(config-if)#ip address 192.168.10.1 255.
```

```
255.255.0
```

```
Router0(config)#interface serial 0/1/0
```

```
Router0(config-if)#ip address 202.204.100.1 255.
```

```
255.255.0
```

```
Router0(config-if)#clock rate 64000
```

```
Router1(config)#interface serial 0/1/0
```

```
Router1(config-if)#ip address 202.204.100.2 255.
```

```
255.255.0
```

```
Router1(config-if)clock rate 64000
```

4.4 路由配置

内网 PC 连接外网, PC 所在的区域又为末梢

网络, 三层交换机上可以采用默认路由连接外部网络, 三层交换机上只需添加 1 条路由信息。网络服务商的路由器 R0 左侧网络的 IP 已经固定, 采用标准静态路由即可, VLAN100-400 需要单独填写静态路由, VLAN20 也需要单独添加静态路由; 右侧网络 IP 地址未知, 所以采用默认路由指向路由器 R1 的串口, 路由器 R0 需要配置 6 条路由条目。

```
Switich(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 202.204.
```

```
100.2
```

R0 的静态路由表添加命令如下:

```
Router0(config)#iproute 192.168.1.0255.255.255.
```

```
192 192.168.10.1
```

```
Router0(config)#ip route 192.168.1.64 255.255.
```

```
255.192 192.168.10.1
```

```
Router0(config)#ip route 192.168.1.128 255.255.
```

```
255.192 192.168.10.1
```

```
Router0(config)#ip route 192.168.1.192 255.255.
```

```

255.192 192.168.10.1
Router0(config)#ip route 192.168.20.0 255.255.
255.0 192.168.10.1
Router0(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 202.204.
100.2
R1 的静态路由表添加命令如下：
Router1 (config) #ip route 192.168.1.0 255.255.
255.192 202.204.100.1
Router1 (config)#ip route 192.168.1.64 255.255.
255.192 202.204.100.1
Router1 (config)#ip route 192.168.1.128 255.255.
255.192 202.204.100.1
Router1 (config)#ip route 192.168.1.192 255.255.
255.192 202.204.100.1
Router1 (config)#ip route 192.168.10.0 255.255.
255.0 202.204.100.1
Router1 (config)#ip route 192.168.20.0 255.255.
255.0 202.204.100.1

```

事实上 R1 不需要配置任何路由，为了强化静态路由的配置，在此添加了几条路由。

4.5 连通性测试

1) VLAN100 下选择 PC(192.168.1.2)，测试 PC 与 R1 的连通性，为保证实验的真实性，首先使用 ipconfig 命令，显示本机的 IP 地址、掩码、网关等信息，其次再使用 ping 命令进行连通性测试，如图 5 所示。

```

C:\>ipconfig

FastEthernet0 Connection:(default port)

Link-local IPv6 Address.....: FE80::2E0:8FFF:FE16:9603
IP Address.....: 192.168.1.2
Subnet Mask.....: 255.255.255.192
Default Gateway.....: 192.168.1.1

C:\>ping 202.204.100.2

Pinging 202.204.100.2 with 32 bytes of data:

Reply from 202.204.100.2: bytes=32 time=2ms TTL=253
Reply from 202.204.100.2: bytes=32 time=10ms TTL=253
Reply from 202.204.100.2: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 202.204.100.2: bytes=32 time=11ms TTL=253

Ping statistics for 202.204.100.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 11ms, Average = 6ms

```

图 5 VLAN100 子网内主机与外网连通性测试

2) VLAN400 下选择任意一台 PC(192.168.1.254)，测试 PC 与 R1 的连通性。

结果显示发出 4 个报文，对方回复报文收到 4 个，丢失 0 个，VLAN100-400 内的 PC 均能连通外网，如图 6 所示。

```

Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ipconfig

FastEthernet0 Connection:(default port)

Link-local IPv6 Address.....: FE80::201:63FF:FE39:7046
IP Address.....: 192.168.1.254
Subnet Mask.....: 255.255.255.192
Default Gateway.....: 192.168.1.193

C:\>ping 202.204.100.2

Pinging 202.204.100.2 with 32 bytes of data:

Reply from 202.204.100.2: bytes=32 time=34ms TTL=253
Reply from 202.204.100.2: bytes=32 time=3ms TTL=253
Reply from 202.204.100.2: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 202.204.100.2: bytes=32 time=3ms TTL=253

Ping statistics for 202.204.100.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 34ms, Average = 10ms

```

图 6 VLAN400 子网内主机与外网连通性测试

4.6 地址转换 NAT 技术的配置

动态 NAT 技术是多对一映射，需要在内网出口路由器 Router0 上配置，先创建公网 IP 地址池，不妨命名为 EEE，接着配置标准访问控制列表 ACL，将访问控制列表与公网地址池对应起来，最后指明配置策略对应的路由器接口。

静态 NAT 技术是一对一映射，也需要在 Router0 上配置，指明内网地址与公网地址的静态对应关系。

```

Router0(config)#ip nat pool EEE 202.204.100.3
202.204.100.10 netmask 255.255.255.0
Router0 (config) #access-list 10 permit 192.168.
10.0 0.0.0.255
Router0(config)#ip nat inside source list 10 pool
EEE
Router0(config)#interface Fa0/0
Router0(config-if)#ip nat inside
Router0(config)#interface Se0/1/0
Router0(config-if)#ip nat outside
Router0 (config) #ip nat inside source static 192.
168.20.11 202.204.100.11
Router0 (config) #ip nat inside source static 192.
168.20.22 202.204.100.12

```

5 实验验证

5.1 服务器能够被外部主机访问

开启 WEB 服务器的 HTTP 服务，并修改主页内容，标明 WEB 服务器的公网地址，WEB 服务器实际静态 IP 为 192.168.20.11；开启 FTP 文件服务器的 FTP 服务，设置服务器静态 IP 为 192.168.20.22。外网主机能通过 IP 地址访问内网服务器，如图 7、图 8 所示。



图7 外网PC访问内部WEB服务器

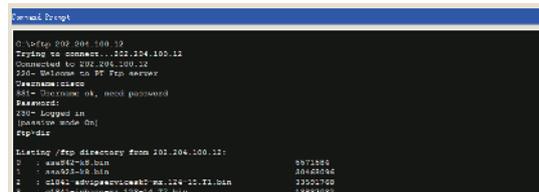


图8 外网PC访问内部FTP服务器

5.2 动态地址转换

在VLAN200-VLAN400中各选一台主机,执行ping命令连接公网地址202.204.100.2,在路由器R0上使用命令show ip nat translations查看地址映射结果。内网主机地址192.168.1.126被转换成公网IP地址202.204.100.4,内网主机地址192.168.1.190被转换成公网IP地址202.204.100.5,内网主机地址192.168.1.254被转换成公网IP地址202.204.100.6。每一个数据包的IP地址经过路由器R0时,IP地址都发生了改变。详细IP地址转换情况如图9所示。

```

Router#show ip nat translations
Pro Inside global      Inside local      Outside local      Outside global
icmp 202.204.100.4:1   192.168.1.126:1  202.204.100.2:1   202.204.100.2:1
icmp 202.204.100.4:2   192.168.1.126:2  202.204.100.2:2   202.204.100.2:2
icmp 202.204.100.4:3   192.168.1.126:3  202.204.100.2:3   202.204.100.2:3
icmp 202.204.100.4:4   192.168.1.126:4  202.204.100.2:4   202.204.100.2:4
icmp 202.204.100.5:1   192.168.1.190:1  202.204.100.2:1   202.204.100.2:1
icmp 202.204.100.5:2   192.168.1.190:2  202.204.100.2:2   202.204.100.2:2
icmp 202.204.100.5:3   192.168.1.190:3  202.204.100.2:3   202.204.100.2:3
icmp 202.204.100.5:4   192.168.1.190:4  202.204.100.2:4   202.204.100.2:4
icmp 202.204.100.6:5   192.168.1.254:5  202.204.100.2:5   202.204.100.2:5
icmp 202.204.100.6:6   192.168.1.254:6  202.204.100.2:6   202.204.100.2:6
icmp 202.204.100.6:7   192.168.1.254:7  202.204.100.2:7   202.204.100.2:7
icmp 202.204.100.6:8   192.168.1.254:8  202.204.100.2:8   202.204.100.2:8
--- 202.204.100.11     192.168.20.11    ---                ---
--- 202.204.100.12     192.168.20.12    ---                ---
tcp 202.204.100.11:80  192.168.20.11:80  202.204.101.11:1028202.204.101.11:1028
tcp 202.204.100.11:80  192.168.20.11:80  202.204.101.11:1028202.204.101.11:1028
tcp 202.204.100.12:1028192.168.20.22:1028 202.204.101.11:1027202.204.101.11:1027

```

图9 NAT地址转换验证

6 结束语

计算机网络是一门理论和实践结合非常紧密的课程,也是计算机科学与技术专业主要课程之一,要求学生掌握一定的理论知识;网络技术应用也越来越广泛,社会对网络工程的人才需求也越来越大。根据学科的特点和发展方向,积极地深化教育教学改革,才能培养一流的创新型人才和科技人才。

现有实验教学在教学内容、教学方法、教学评价等方面对学生创新能力培养不够突出,偏重于知识传授,验证性实验比重较大,综合性、设计性实验比重较低。实验教学也应该随着实验室

的硬件建设,不断改进,不断优化和丰富,突出实践性课程的教学特点,提升学生基本实验技能和科学素养,培养实验设计能力、实践探索精神,为后续专业学习夯实实验基本功以及严谨扎实的工作作风。

参考文献

- [1] 展涛.我国研究型大学创新型人才培养的思考[J].高等教育研究,2011,32(1):7-13.
- [2] 陆国栋,李飞,赵津婷,等.探究型实验的思路、模式与路径——基于浙江大学的探索与实践[J].高等工程教育研究,2015(3):86-93.
- [3] 陆国栋,李拓宇.新工科建设与发展的路径思考[J].高等工程教育研究,2017(3):20-26.
- [4] 刘艳芳,张力军,焦福菊.面向创新能力培养的计算机网络实验教学[J].实验技术与管理,2014,13(4):28-32.
- [5] 林健.运用研究性学习培养复杂工程问题解决能力[J].高等工程教育研究,2017(2):79-89.
- [6] 温贺平,曹文梁,刘庆.一种模拟校园网的综合组网实验设计[J].实验室研究与探索,2017,36(2):141-144.
- [7] 崔贯勋,郜继红.基于OBE的网络工程专业实践体系研究[J].实验技术与管理,2018,35(8):167-170.
- [8] 边胜琴,王洪泊,崔晓龙.NAT实验教学在Packet Tracer软件上的实现[J].实验科学与技术,2018,16(2):116-120.
- [9] 吕青普.基于虚拟仿真的网络工程实验教学系统设计[J].实验技术与管理,2016,33(3):130-133.
- [10] 胡德斌,彭小宁,张文.校企合作的网络工程专业实践教学体系建设[J].大学教育,2019(7):168-170.
- [11] 朱立才,耿珍,黄津津.网络工程专业计算机网络实验教学的设计与实施[J].实验技术与管理,2017,34(5):161-164.
- [12] 孔祥杰,杨卓,宁兆龙,等.面向“互联网+”的网络工程专业拔尖创新人才培养体系探索[J].计算机教育,2018(9):30-34.
- [13] 何欣,刘俊男,廖先富.新工科背景下的网络工程专业实验教学体系[J].计算机教育,2018(9):133-136.
- [14] 张鹤飞,云红艳,张德祥,等.基于Packet Tracer的校园网设计与仿真[J].实验室研究与探索,2017,36(10):127-130.
- [15] 刘军,范敏.基于Cisco Packet Tracer的小型局域网设计与仿真研究[J].电子设计工程,2018,26(10):88-91.
- [16] 杨礼,刘静.基于Packet Tracer的路由与交换技术课程综合型实验设计[J].实验科学与技术,2018,16(5):85-88.