从三层到二层

集线器、交换机与路由器

两台电脑组网

在不使用任何外部设备的情况下，使用特殊的网线与水晶头(1--3、2--6 交叉接法)将两台主机用一根网线连接，并设置正确的IP地址与网络掩码，那么这两台主机就组成了最基本的局域网

虽然意义不是很大，但至少两个人能联机打CS了，并且还能使用网络共享文件

集线器(Hub)

当有多台主机进行组网时，必须要借助外部设备，最开始出现的就是集线器(Hub) ✪ 一个集线器有多个口，每台主机通过网线连接一个口(LINK)

集线器建立在物理层之上，也就是说，它收到的所有数据帧，都会原封不动的复制到其它LINK端口上，并发送给连接该LINK的主机 ✪ 是一种无脑广播的机制

这是典型的没有“脑子”的做法，集线器也确实没有脑子，因为它本身就是一种纯物理设备

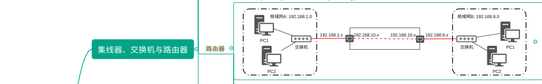
交换机

因为集线器会将收到的数据帧给每一台主机都发一份，效率低下，并且因为没有“脑子”，所以没有记忆功能。交换机应运而生

交换机的作用与集线器的作用几乎完全相同。只不过交换机是建立在二层网络(数据链路层，或者说，MAC层)之上，并且交换机更加智能

建立在二层协议之上的意思是: 交换机对接收到的所有包，均会检查其MAC头，分析其中的目的MAC地址，并自己决定将此包发送给哪台主机

路由器(Router)又称为网关设备(Gateway)，用于连接多个逻辑上分开的网络 ✪ 假设通过2台交换机组成了两个局域网A、B，网络号分别为192.168.1.0与192.168.2.0，那么TCP/IP协议规定: 不允许主机直接跨局域网通信



因此，若想要连接2个逻辑上分开的局域网，则必须使用路由器，使得路由器的每个网口与所连接的局域网处于同一个网段内

集线器工作于物理层
交换机工作于链路层
路由器工作于网络层

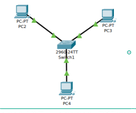
使用主机、交换机以及路由器所组成的不同网段，称之为子网。如上所以，使用1台路由器+2台交换器组成了3个子网

因为路由器的不同端口需要分配IP，所以，路由器是工作在网络层上的

ping命令描述局域网通信过程

ping命令在Linux或者Windows系统中都是内置的网络工具，用于检测当前主机与目标IP的网络可达性

ping是ICMP协议实现，ICMP与IP协议同处于网络层，都是一个三层协议。ICMP与IP协议共同实现ping命令

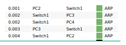


局域网组成 ✪ 当前局域网由3台主机+一台交换机组成，PC2 IP地址为192.168.1.2，PC3的IP地址为192.168.1.3，以此类推

在PC2主机(192.168.1.2)上执行 ping 192.168.1.3，尝试和PC3通信

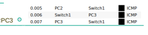
Packet Tracer模拟

由于在局域网中通信必须知道目标主机的MAC的地址，所以PC2会发送ARP包，通过广播的形式获取PC3的MAC地址 ✪



当交换机收到PC3的ARP应答之后，会将PC3的IP地址与MAC地址的对应关系写入本地内存，这就是交换机学习的过程

ICMP包正式发送，当数据包抵达交换机时，由于交换机内存在PC3的IP地址+MAC地址缓存，所以直接将数据包发送给PC3 ✪



网络层

网络层封包格式

网络层封包中的上层协议 ✪ 该协议号是将网络层与传输层绑定到一起的粘合剂，就如同链路层帧中的类型是将链路层与网络层绑定到一起的粘合剂一样

DHCP协议

DHCP，全称为Dynamic Host Configuration Protocol，动态主机配置协议。其作用是给某一台主机自动地分配一个临时的IP地址，使得网络管理员无需手动配置 ✪ 有时候也称为动态IP地址配置

DHCP是一个客户-服务器协议。客户通常是指新加入的主机，例如一个网络中某台主机开机了，它要获得包括自身使用的IP地址在内的网络配置信息，如DNS服务器，网络掩码，默认网关地址等等

绝大部分路由器都会在内部嵌入一个DHCP服务器，以供用户更加方便的使用 ✪

静态IP地址 ✪ 静态IP地址是指在局域网内，用户或者管理员将内网IP固定，无论当前机器如何重启，其IP地址均不会发生变化。在配置时，需注意是否和当前内网IP地址冲突

网络地址转换(NAT)

当你用百度搜索“IP 对”，搜索结果会告诉你本机的IP地址，但是，结果一定不是192.x.x.x或者10.x.x.x，而是一个其它IP地址，这是为什么？

IP地址在不同的两个或多个局域网内是可以重复的，例如张三家的网络号为192.168.1.0，李四家的也是，这并不妨碍他们在自己的局域网内通信. 在单个局域网内IP地址唯一即可

但是一旦他们想上网，比如超越A站，那么他们就不能再使用局域网IP地址，而必须使用公网IP地址，因为公网IP地址在以太网网络中唯一 ✪

在学校里面可以用学生证号，但是进入社会，必须要用身份证号

学生证号是学校(局域网)发的，身份证号是国家(以太网)发的

从私有IP地址转换成共有IP地址的过程通常由网络运营商提供，比如电信，移动等等。将私有IP转换成共有IP之后，用户就可以访问诸如bing、淘宝等网站了

数据接收

以淘宝为例，淘宝返回的数据包的目的IP地址是网络运营商提供的公网IP地址，那么如何将这个包传递给只拥有私有IP地址的用户呢？

答案是NAT转换表

当数据包经过需要进行NAT的路由器时，在路由器内部都会记录初始数据包的部分信息，与经过转换后的数据信息，它们之间形成唯一映射关系

数据包从私有家庭网络发送至共有网络时，每一次的NAT都会在对应的路由器中的NAT转换表中存在记录，那么当数据包返回时，查询该记录表，进行一次逆转换即可

当然，NAT不是永久存在的，同样存在时效性。在一段时间后，路由器中过期的记录将会被删除

网络层设备: 路由器 ✪ 路由器除了连接不同的局域网，充当网关以外，另一个比较重要的就是在起点和终点间选择一条合适的路径，将数据包传输至目的地。

数据链路层

链路层封包格式

大小固定为2字节，用于区分上层的协议类型

链路层封包中的类型 ✪ 在网络分层中有提到过，之所以将网络分成5层或者7层模型，其目的之一就在于复用和拓展。这里的类型就是复用的证明: 数据链路层封包既可以传递IP协议封包，也可以传递ARP协议封包

MAC地址

长度为6字节，前3个字节表示硬件生产商，后3个字节为该厂商所生产的硬件设备唯一编号，如 00:d8:61:3a:98:4c

MAC地址的作用就是在一局域网内物理地标记一台主机。或者说，一块网卡设备 ✪

假设没有MAC地址会发生什么？ ✪ 当主机A(192.168.1.2)发送数据包之后，立马关机，并立即配置主机B的IP地址为192.168.1.2

由于没有MAC地址的存在，此时响应包将会发送给主机B，造成数据包错乱

当然，MAC地址是可以被修改的，尽管可以将局域网内的两台主机MAC修改成相同的，但是这是人为因素影响。

协议之所以称之为协议，是因为大家都遵守。既然违反了协议，就不要要该协议能正确运行

ARP

ARP全称为Address Resolution Protocol，即地址解析协议，使用IP地址在局域网中以广播的方式获取MAC地址

提到广播，就不得不提到一个特殊的IP地址: x.x.x.255 ✪ 将数据包以正确的格式发送给该IP地址，则设备会向局域网中所有的主机发送数据

物理局域网的局限性 ✪

如左图所示，由两台交换机组成了物理上的两个局域网，部门A和部门B处在不同的大楼中，部门之间使用路由器连接

现在部门A用笔记本的兄弟到部门B移动办公，这时候问题就来了，连上部门B的交换机以后，他就再也收不到部门A中广播的邮件了

交换机是一个物理设备，用户的行为被捆绑在了具体的物理位置上

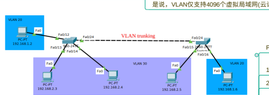
所以，为了解决物理设备与物理交换机的捆绑问题，先贤们研究出了VLAN，即Virtual Local Network，虚拟局域网

VLAN构建于链路层之上，并且需要交换机支持VLAN ✪ VLAN的工作原理是将交换机一个个的对外端口进行分组，数据包在VLAN网络中流转时，会在MAC头部添加额外的信息

虚拟局域网(VLAN)

相比于原始MAC帧，VLAN额外的多了4个字节信息，通常称为802.1Q标签，遵循802.1Q标准

由于VLAN ID位有12bit，所以仅支持最大4096个VLAN ID，其中0和4095为系统所用，故可用的有4094个。也就是说，VLAN仅支持4096个虚拟局域网(云计算等场景下不够用)



Packet Tracer支持的VLAN ID在0-1024之间，需注意

1. 分别在两个交换机上添加vlan配置 ✪
vlan VLAN ID NUMBER (添加VLAN ID)
name VLAN ID NAME (给这个ID取个名字)

2. 添加主机并设置IP，连接至同一个交换的主机IP不需要在同一网段，因为这是VLAN

3. 根据主机连接至交换机的端口划分不同VLAN ID ✪
interface fastEthernet 0/PORT
switchport access vlan VLAN ID
如左图，交换机0的0/13端口被划分至VLAN ID = 30

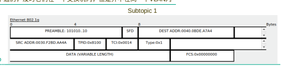
4. 配置两台交换机的TRUNK ✪
fastEthernet fastEthernet 0/PORT (该PORT为连接另一台交换的端口)
switchport mode trunk
switchport trunk allowed vlan all

使用Packet Treacer模式VLAN

在主机 192.168.1.2 ping 192.168.2.3 是ping 不通的，及时它们在一个交换机内，但是并不在同一个VLAN内

截取Switch1交换机的MAC帧 ✪

Subtopic 1



Inbound ✪

Outbound ✪

在Inbound MAC帧中添加了TPID以及TCI信息，该信息在通过Switch1交换机，即VLAN干线接收侧交换机后被丢弃。

上图中TCI的值为0x0014，换算成10进制为20，正是 VLAN ID