

数据网络技术基础



交换接入技术支持部北京分部

2001.04

主讲人：周秋平





网络分层体系结构

应用、传输层

物理、数据链路层

网络层——地址

网络层——路由

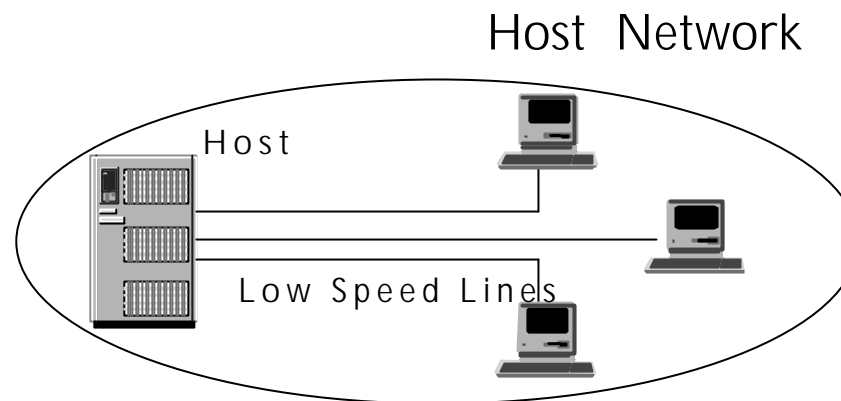
网络层应用协议



网络的演进

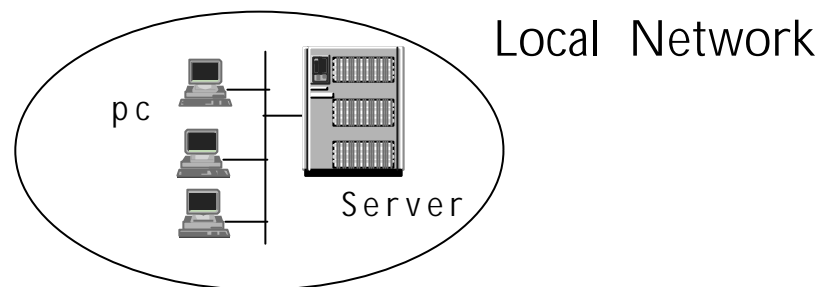
简单连接:

1960'S—1970'S



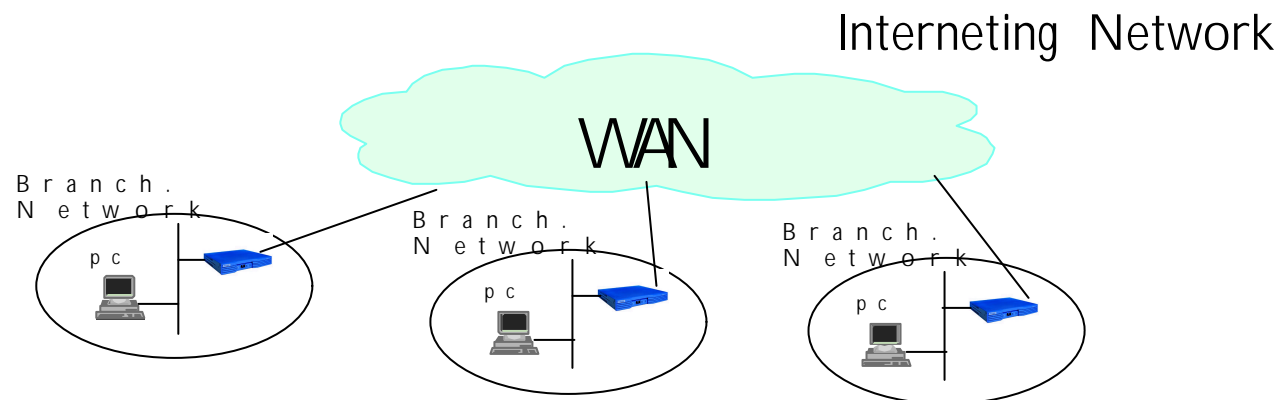
网络连接:

1970'S—1980'S



网络互联:

1980'S—1990'S



网络的分类——作用范围

LAN (局域网)

- 为一个工作组、单位提供内部的数据共享
- 设备、线路属于同一个管理机构
- 以太网、令牌环

WAN (广域网)

- 为分布在不同地域的用户提供数据共享
- 一般需要租用运营商的线路
- DDN、X25、帧中继

网络的分类——拓扑结构

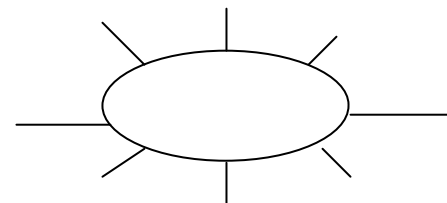
总线网

→ 以太网



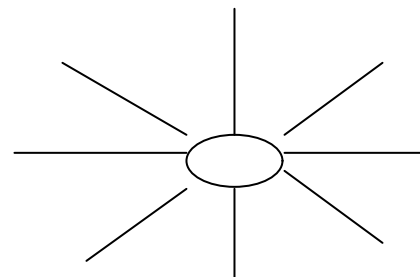
环形网

→ 令牌环、FDDI

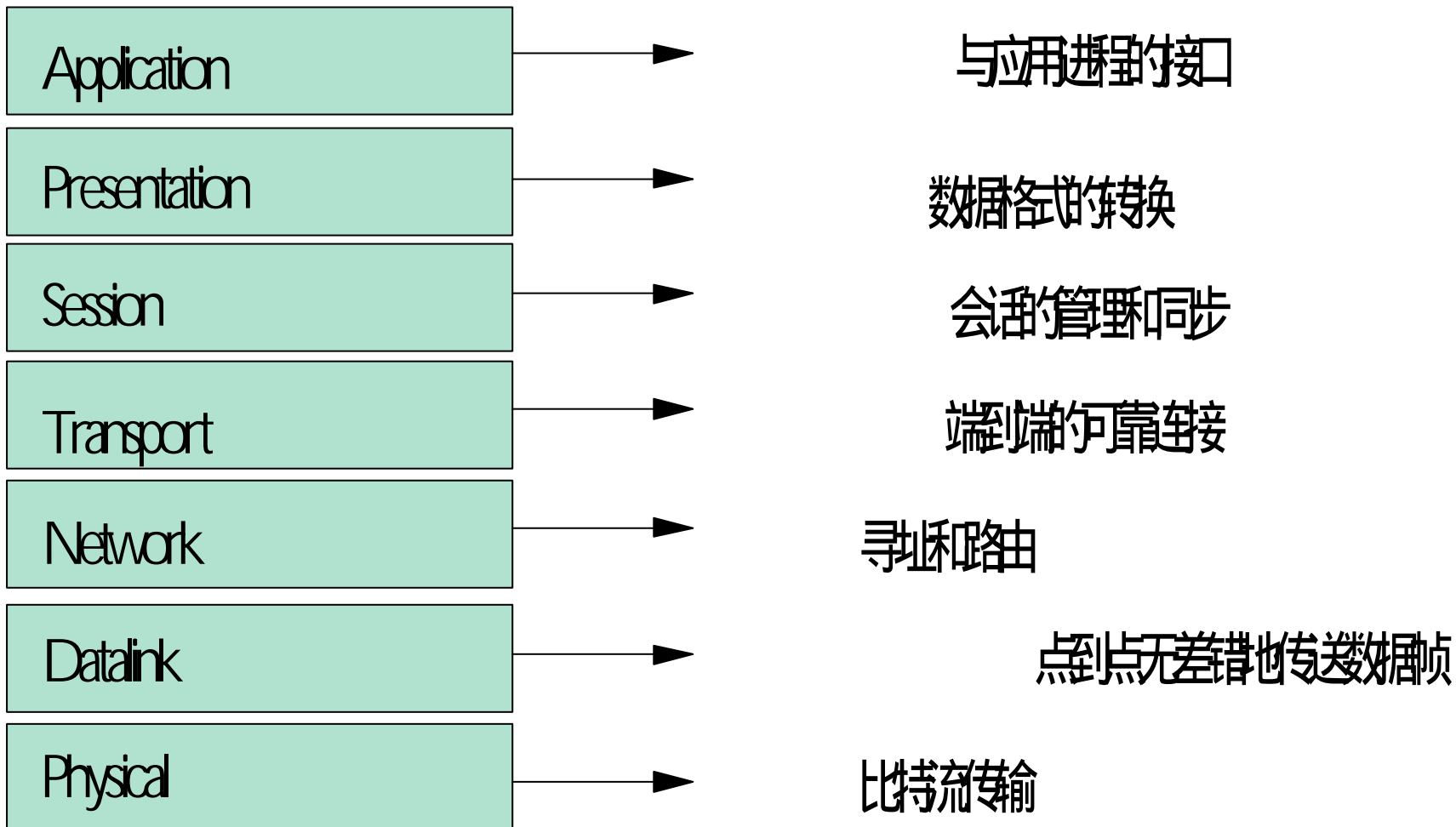


星形网

→ 总部+分支机构



OSI七层模型



为什么分层（一）

打电话

- 交谈的内容
- 交谈的语言
- 语音的传送

为什么分层（二）

分解复杂的通信过程

- 各层之间相对独立
- 容易实现和维护
- 灵活性好
- 利于标准化工作



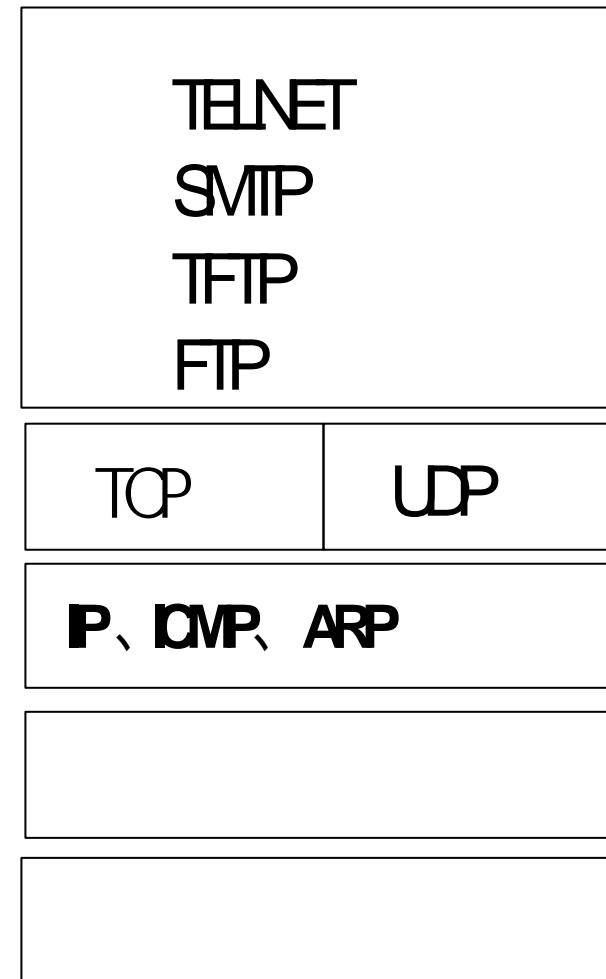
OSI 模型 vs. TCP/IP 模型



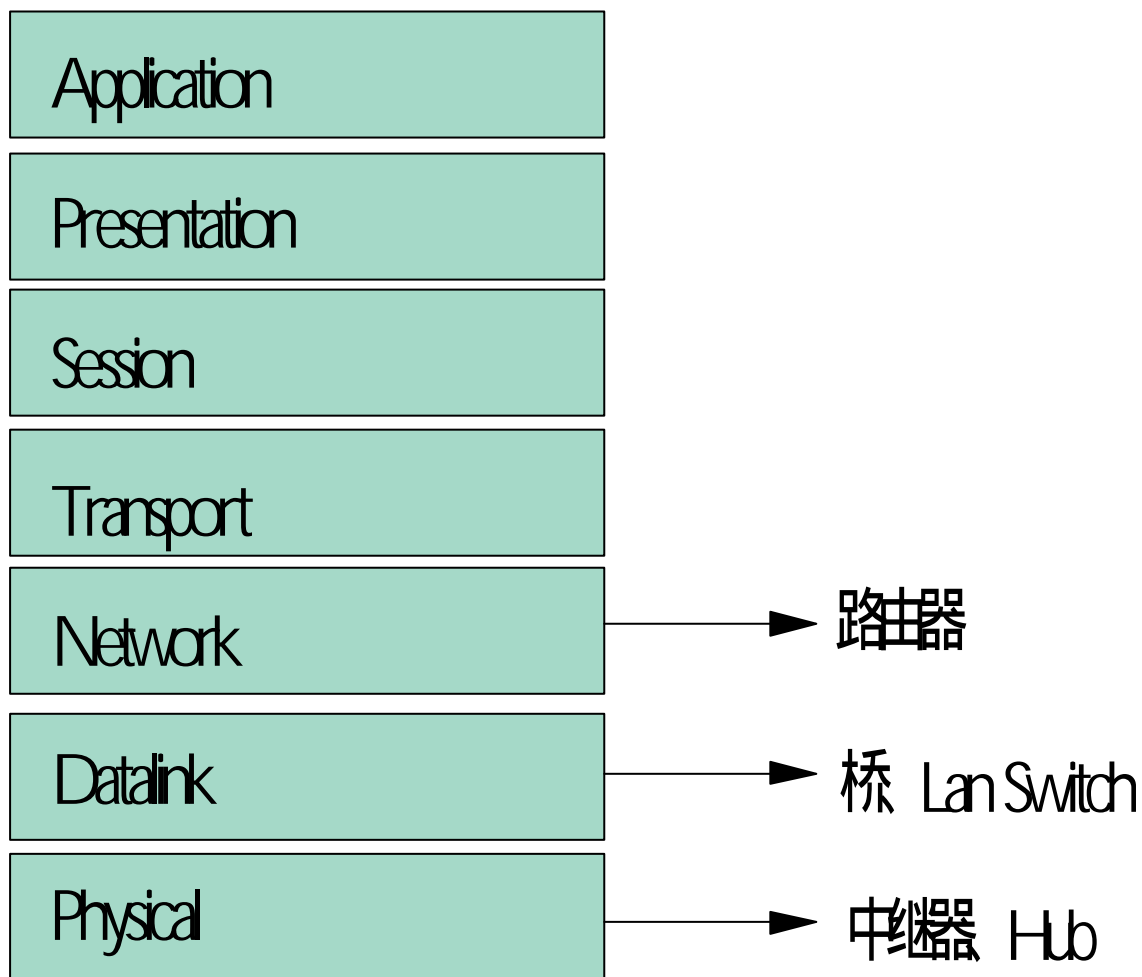
OSI 参考模型



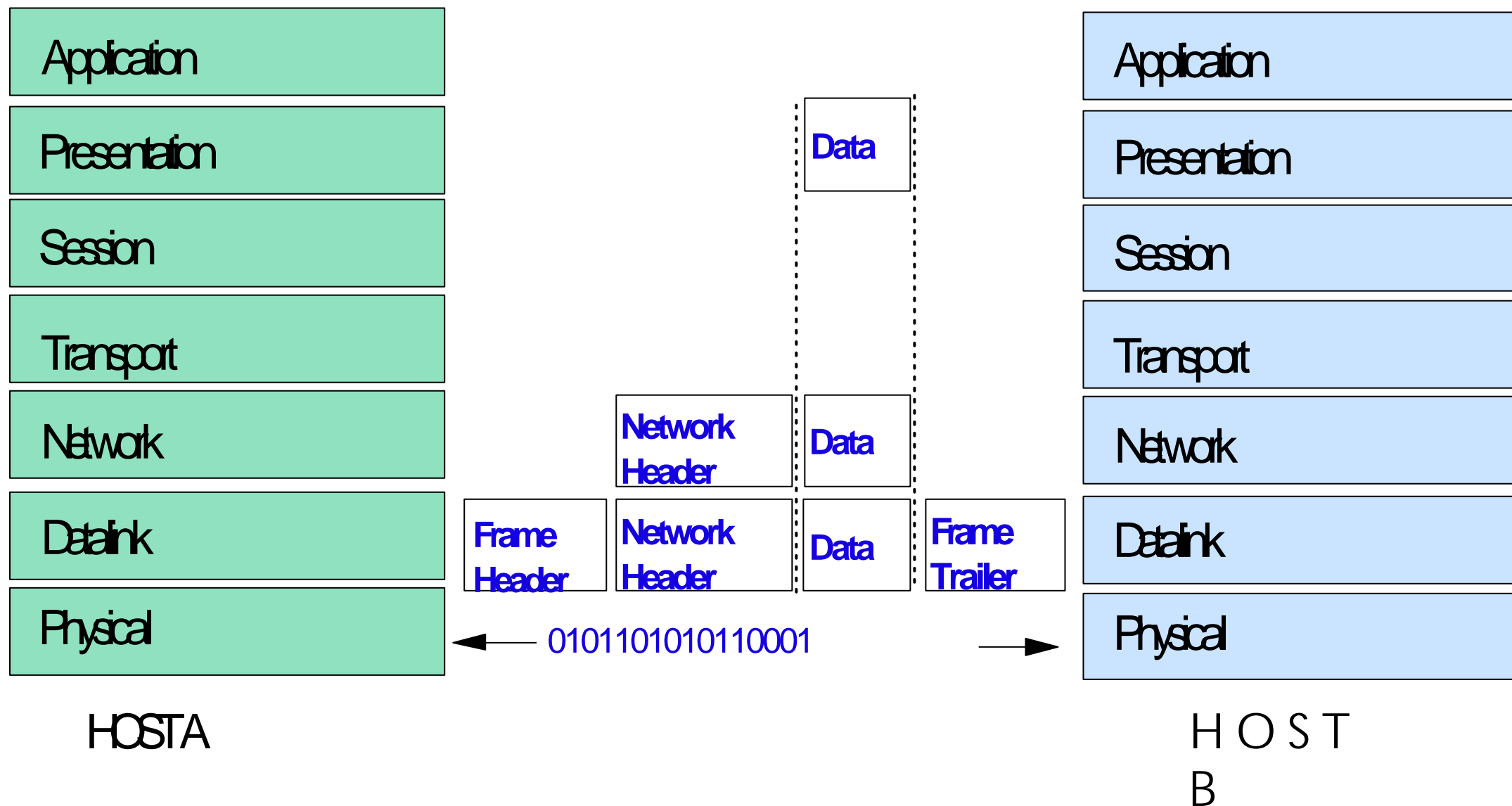
TCP/IP 参考模型



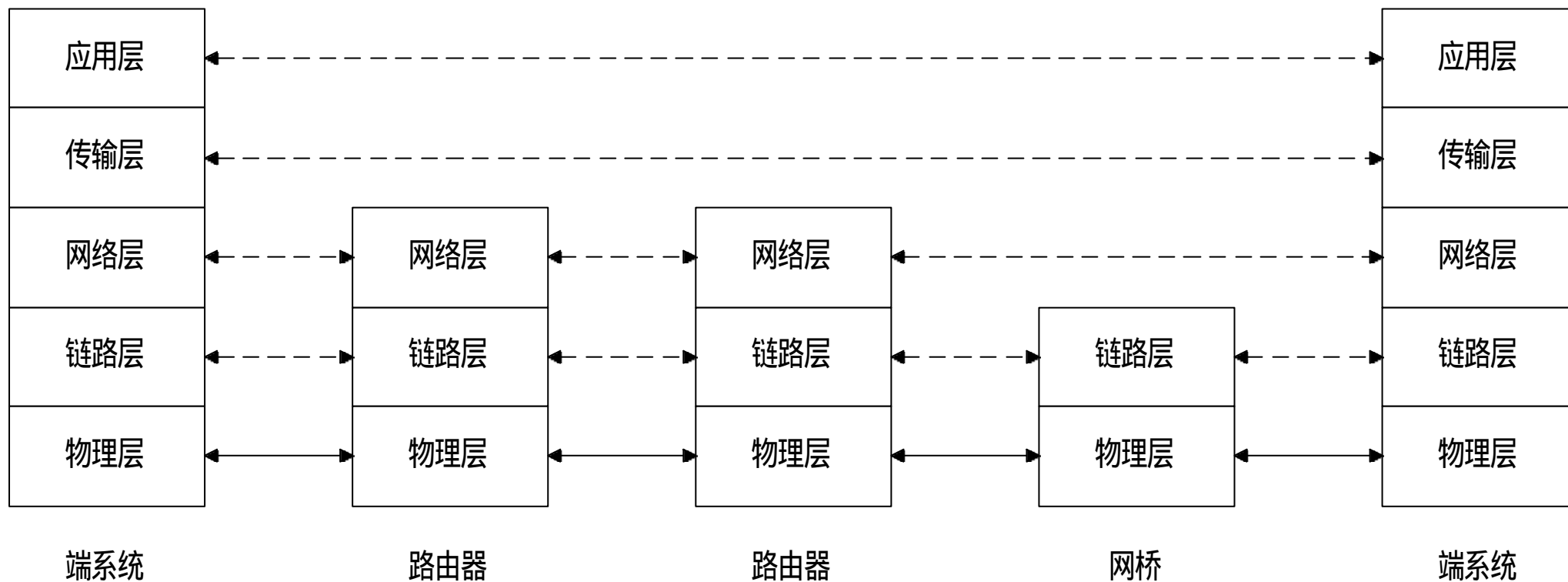
网络设备对应层次



数据的封装

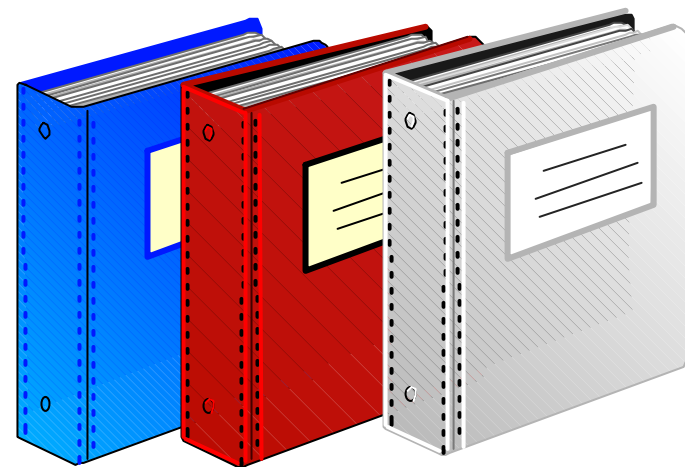


层次通信模型



标准化组织

- 💧 国际标准化组织(ISO)
- 💧 电子电器工程师协会(IEEE)
- 💧 美国国家标准局(ANSI)
- 💧 电子工业协会(EIA/TIA)
- 💧 国际电信联盟(ITU)
- 💧 国际电报电话咨询委员会(CCITT)——ITU前身
- 💧 Internet行动委员会(IAB)
- 💧 IETF——RFC标准制定者



网络分层体系结构



应用、传输层

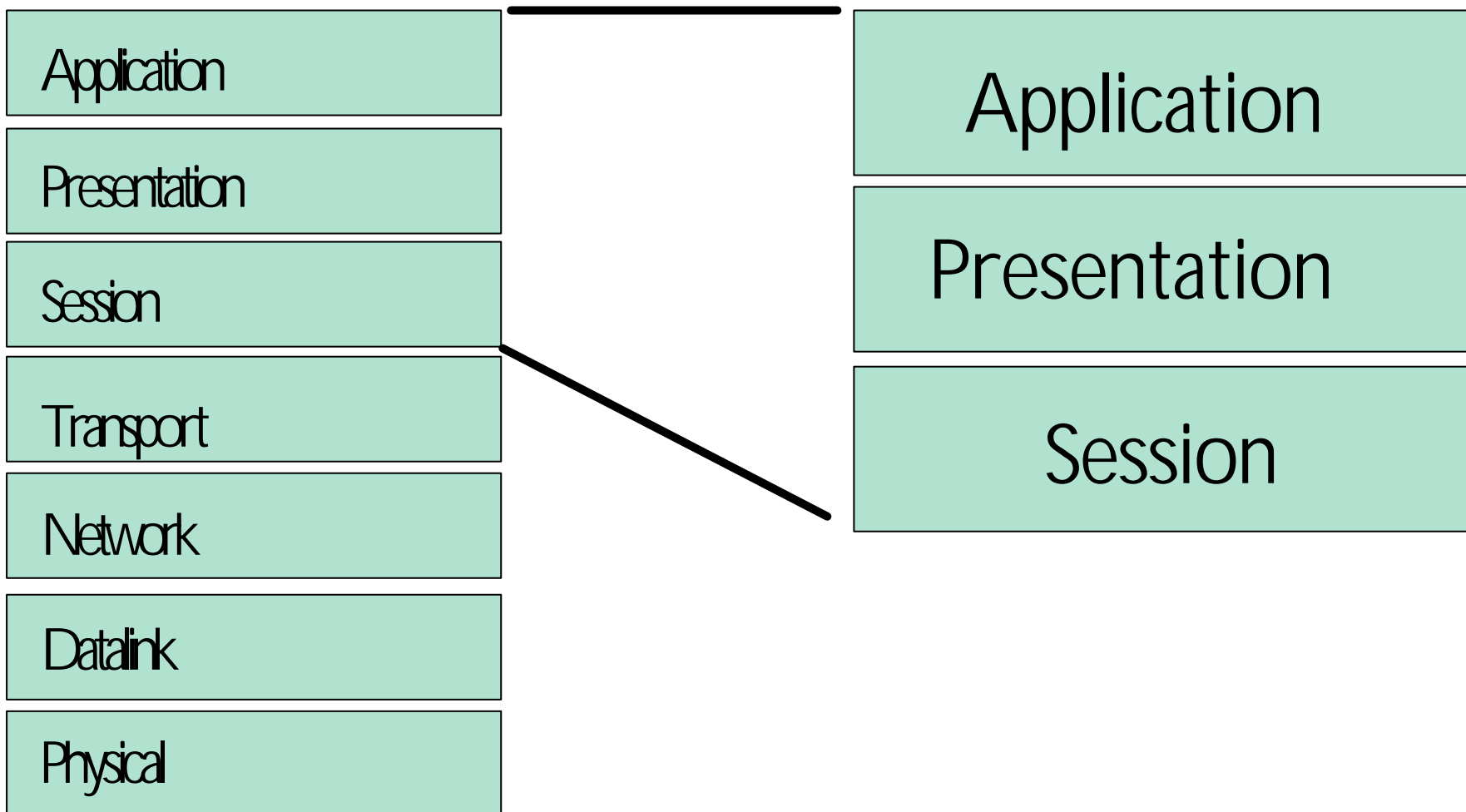
物理、数据链路层

网络层——地址

网络层——路由

网络层应用协议





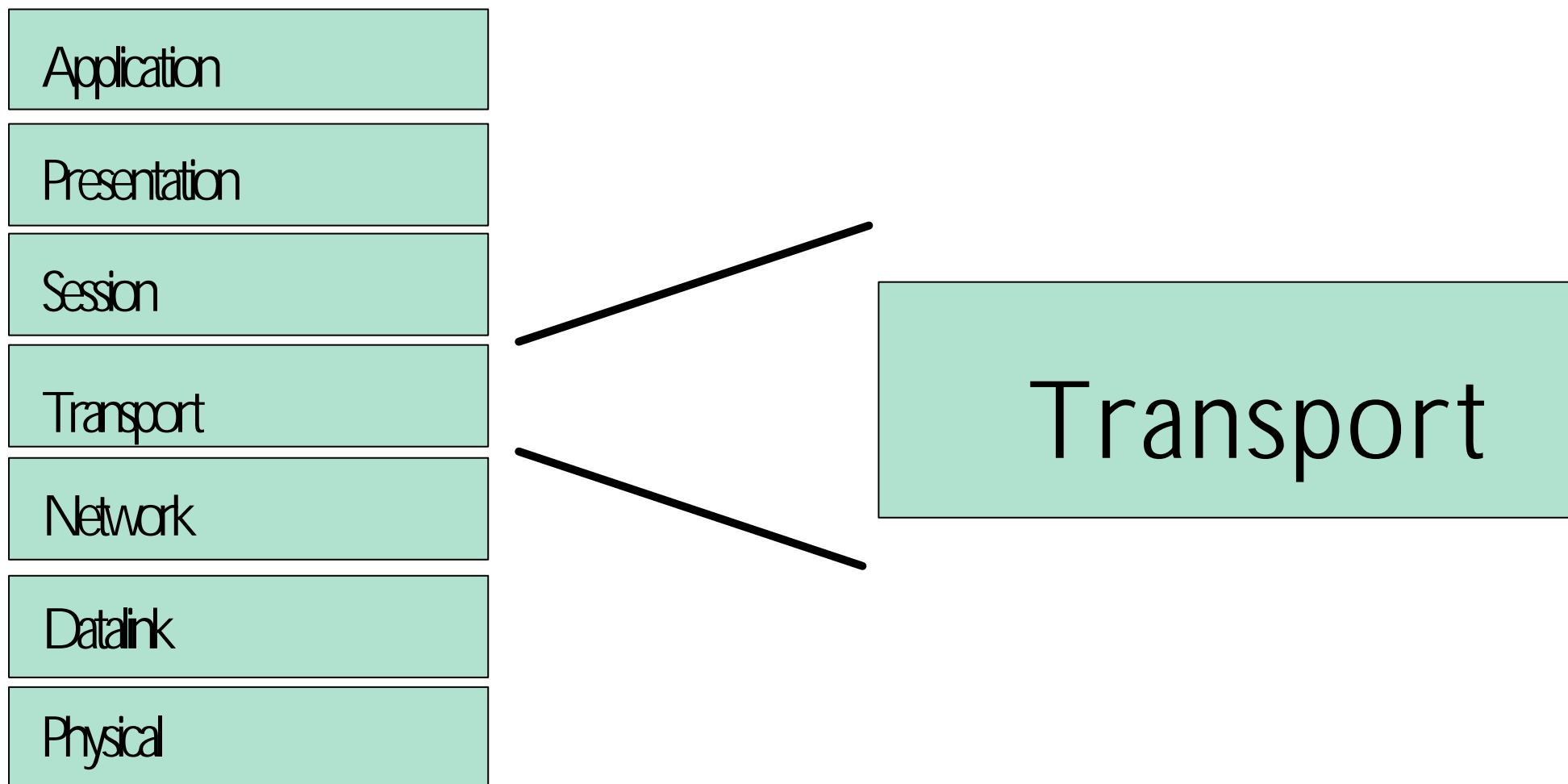
高层功能

💧 为应用程序提供网络接口

💧 本身是一个网络应用程序

- ✎ 电子邮件——SMTP、POP
- ✎ 文件传输——FTP、TFTP
- ✎ 网页浏览——HTTP
- ✎ 网管——SNMP

传输层



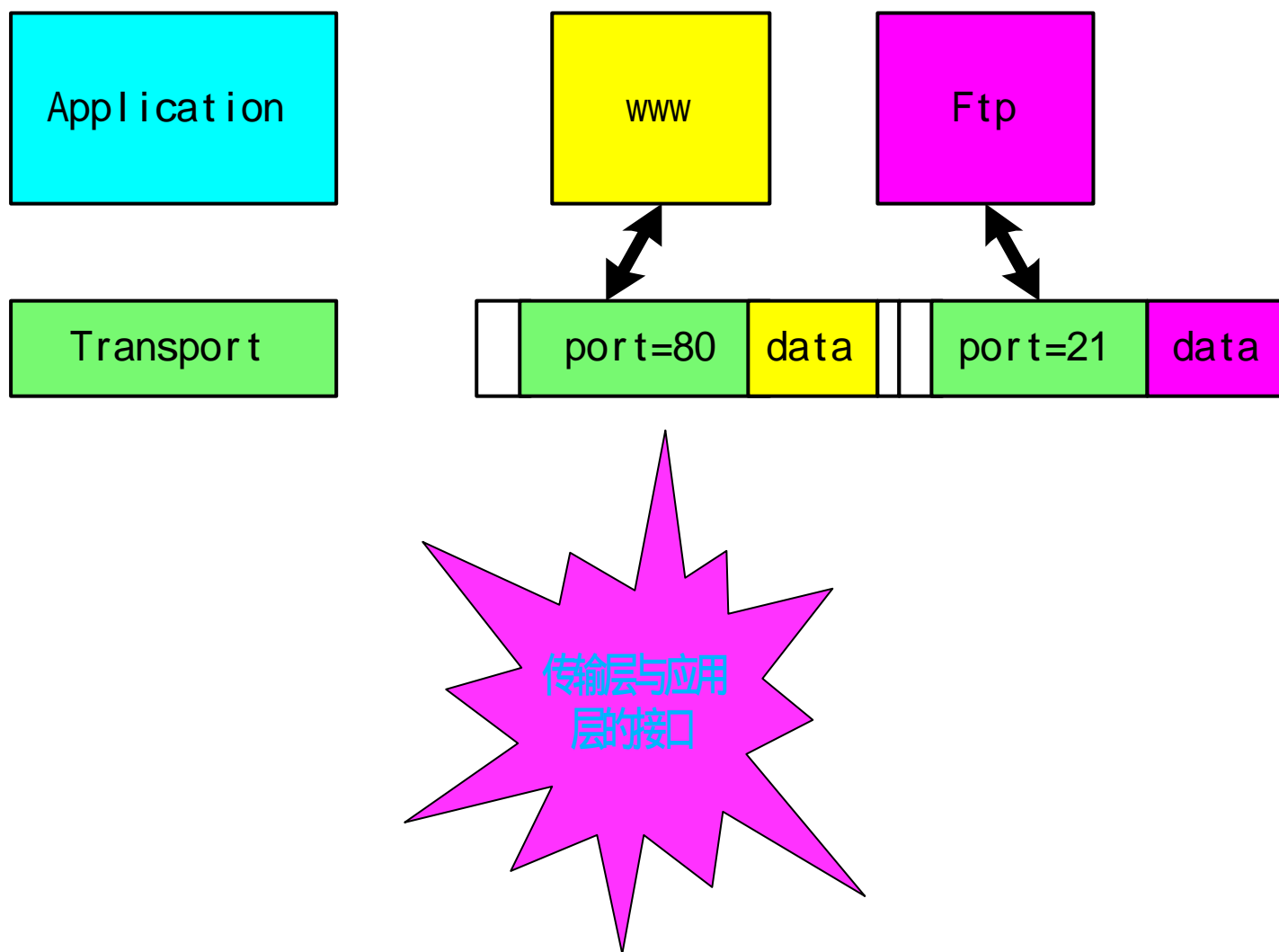
传输层基本功能

💧 为上层提供端到端的可靠服务

- 端到端的差错控制
- 端到端的流量控制
- 向高层屏蔽通信子网的细节



端口的应用



常见端口值

20	File Transfer Protocol [Default Data]
21	File Transfer Protocol [Control]
23	Telnet
25	Simple Mail Transfer Protocol
53	Domain Name Server
80	World Wide Web HTTP
119	Network News Transfer Protocol
161	SNMP
162	SNMP TRAP

网络分层体系结构

应用、传输层



物理、数据链路层

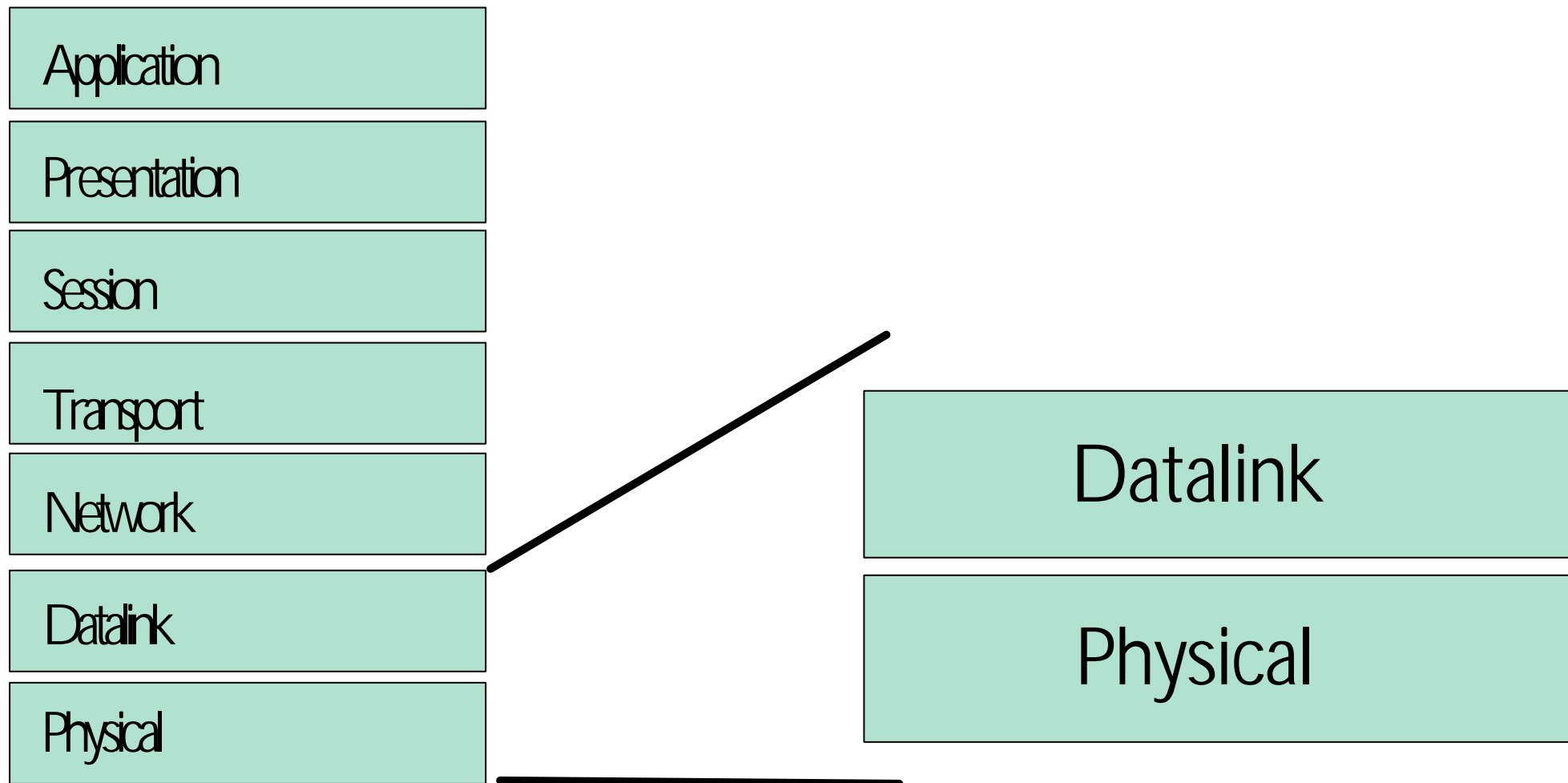
网络层——地址

网络层——路由

网络层应用协议



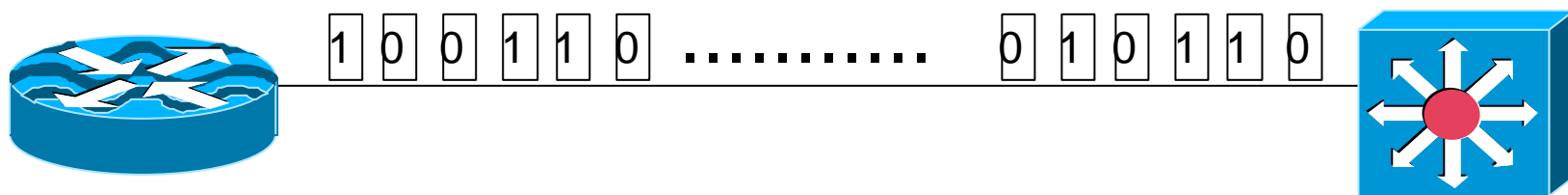
物理层与数据链路层



- 💧 在物理传输媒体上传送比特流
- 💧 确定与物理传输媒体接口的特性
 - 机械特性
 - 电气特性
 - 功能特性
 - 规程特性

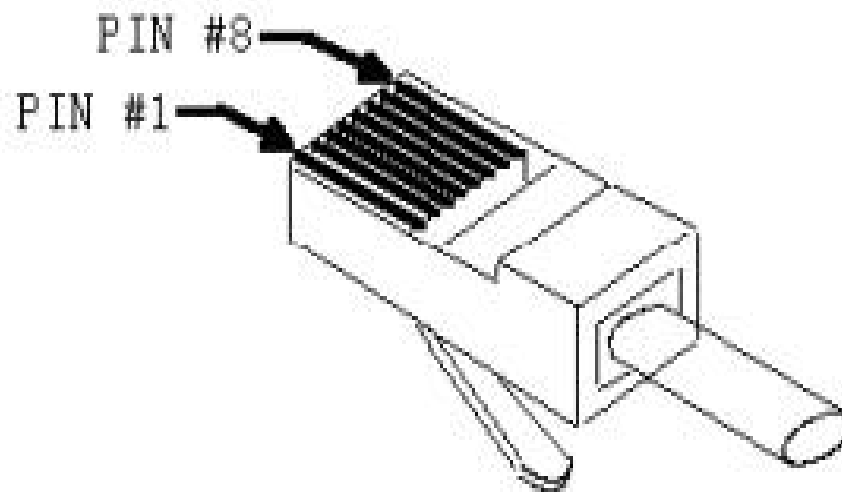


V.24/V.35



双绞线连接器

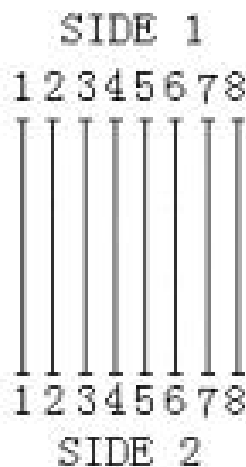
- 双绞线的连接器均使用RJ-45水晶头



以太网线的线序

直连网线

直通网线示例



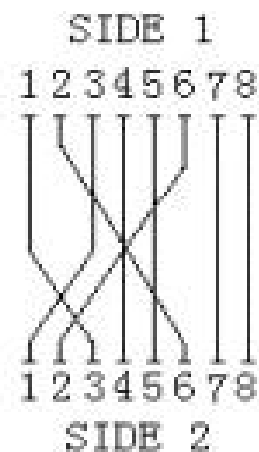
SIDE 1

1 = 白/橙
2 = 橙
3 = 白/绿
4 = 蓝
5 = 白/蓝
6 = 绿
7 = 白/棕
8 = 棕

SIDE 2

1 = 白/橙
2 = 橙
3 = 白/绿
4 = 蓝
5 = 白/蓝
6 = 绿
7 = 白/棕
8 = 棕

交叉网线示例



SIDE 1

1 = 白/橙
2 = 橙
3 = 白/绿
4 = 蓝
5 = 白/蓝
6 = 绿
7 = 白/棕
8 = 棕

SIDE 2

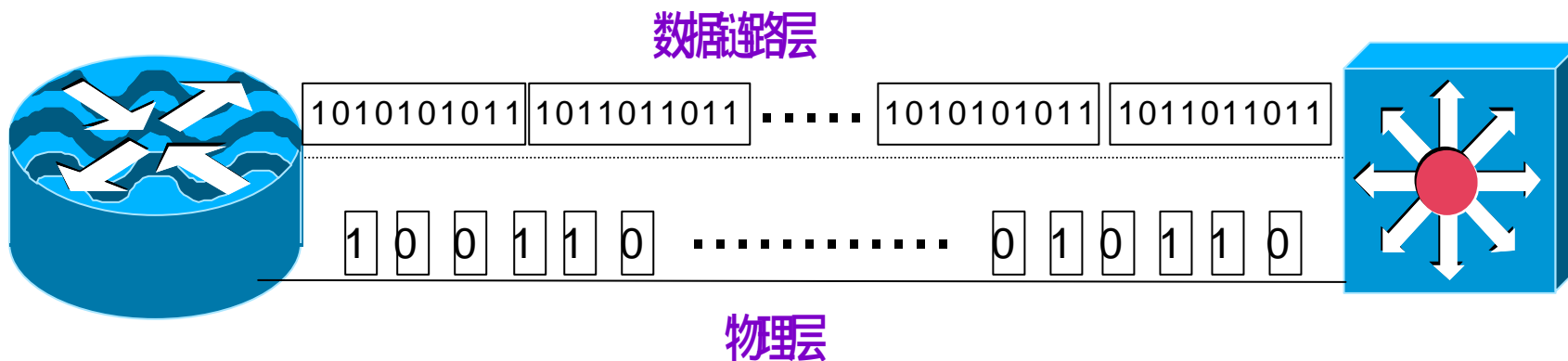
1 = 白/绿
2 = 绿
3 = 白/橙
4 = 蓝
5 = 白/蓝
6 = 橙
7 = 白/棕
8 = 棕

级连网线

数据链路层

为上层提供可靠的数据帧透明传输

- 链路管理
- 帧同步
- 寻址
- 流量控制
- 差错控制



常见数据链路层协议

- 💧 SDLC——同步数据链路控制（IBM SNA）
- 💧 HDLC——高级数据链路控制
- 💧 LAPB——平衡型链路访问规程
- 💧 SLIP——串行线路网际协议
- 💧 PPP——点到点协议

物理层与数据链路层模型



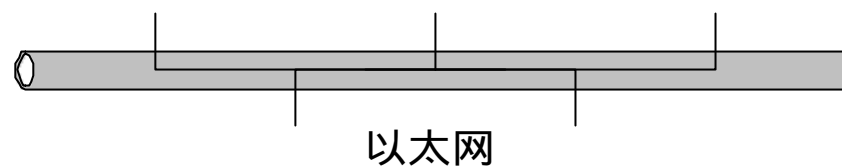
LAN

WAN

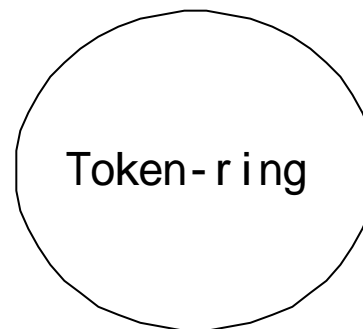
Data Link	ETHERNET	802.2 LLC			PPP	HDLC	LAPB	FRAMAY
		802.3	802.5	FDDI				
Physical		V.24 EIA-530 G.703 EIA/TIA-232 V.35 EIA/TIA-449 HSSI						

常见局域网

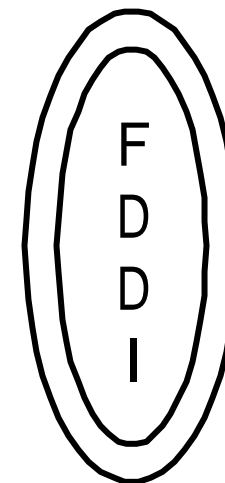
以太网/802.3



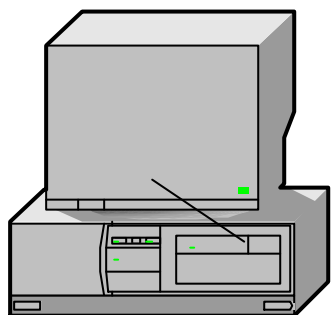
令牌环/802.5



FDDI/ISO 9314

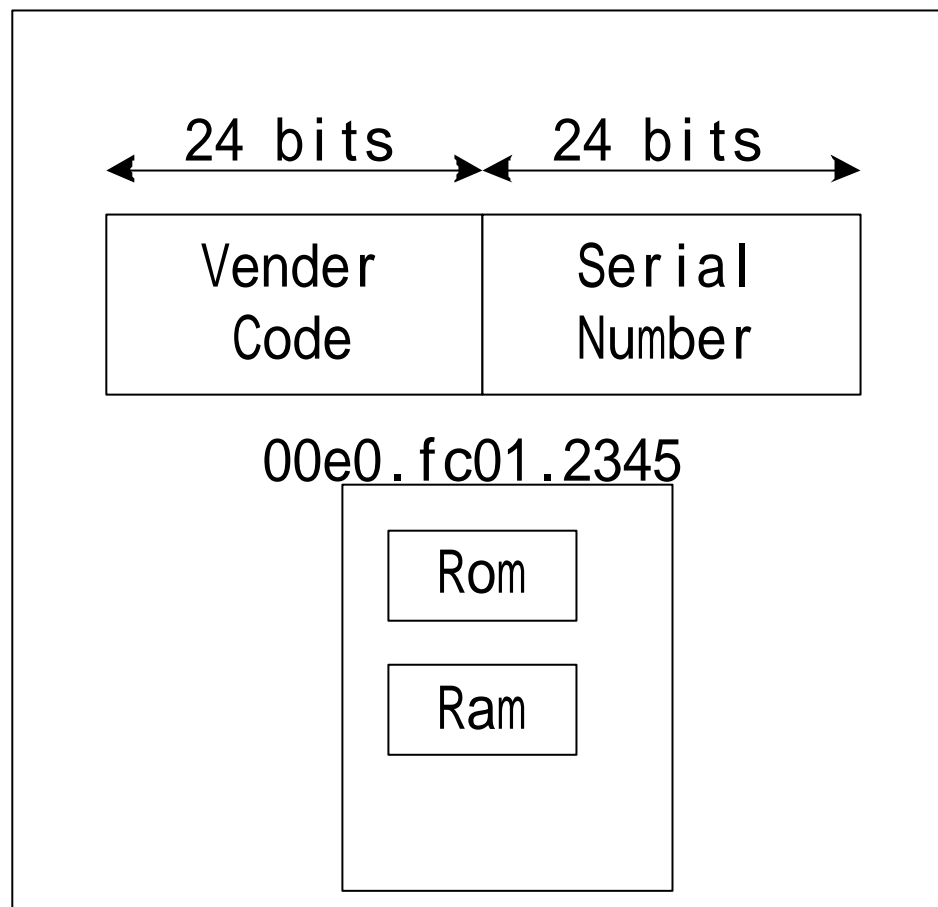


MAC/物理地址



00e0.fc01.2345

硬件地址/固
定不变



以太网

历史

→ 施乐公司于1973年首次提出

技术核心

→ CSMA/CD

速率

→ 10M、100M、1000M



应用最广泛

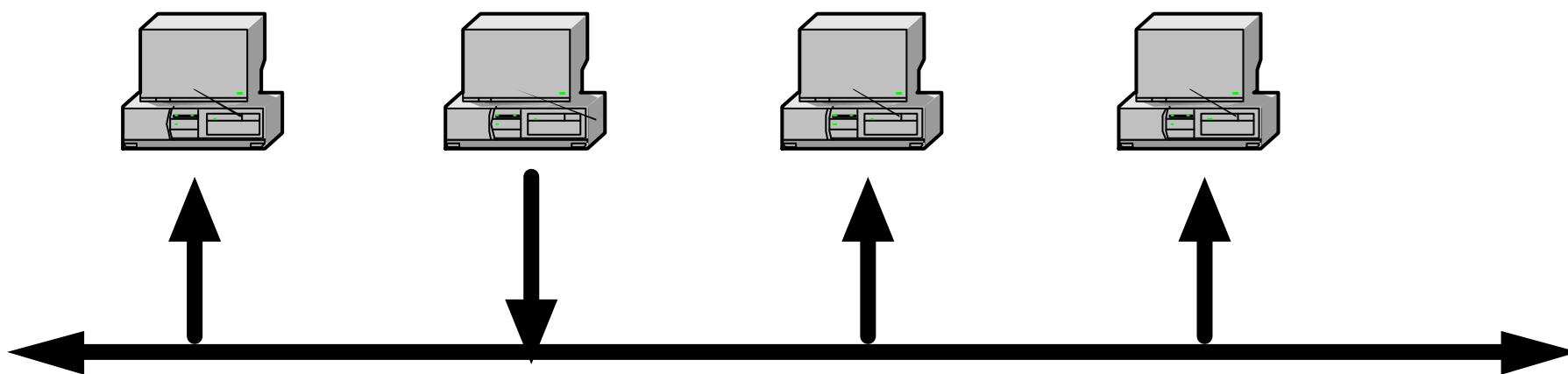
以太网—工作原理

- 💧 CSMA/CD：载波监听多点访问/冲突检测
- 💧 同一时刻只能有一台主机在发送

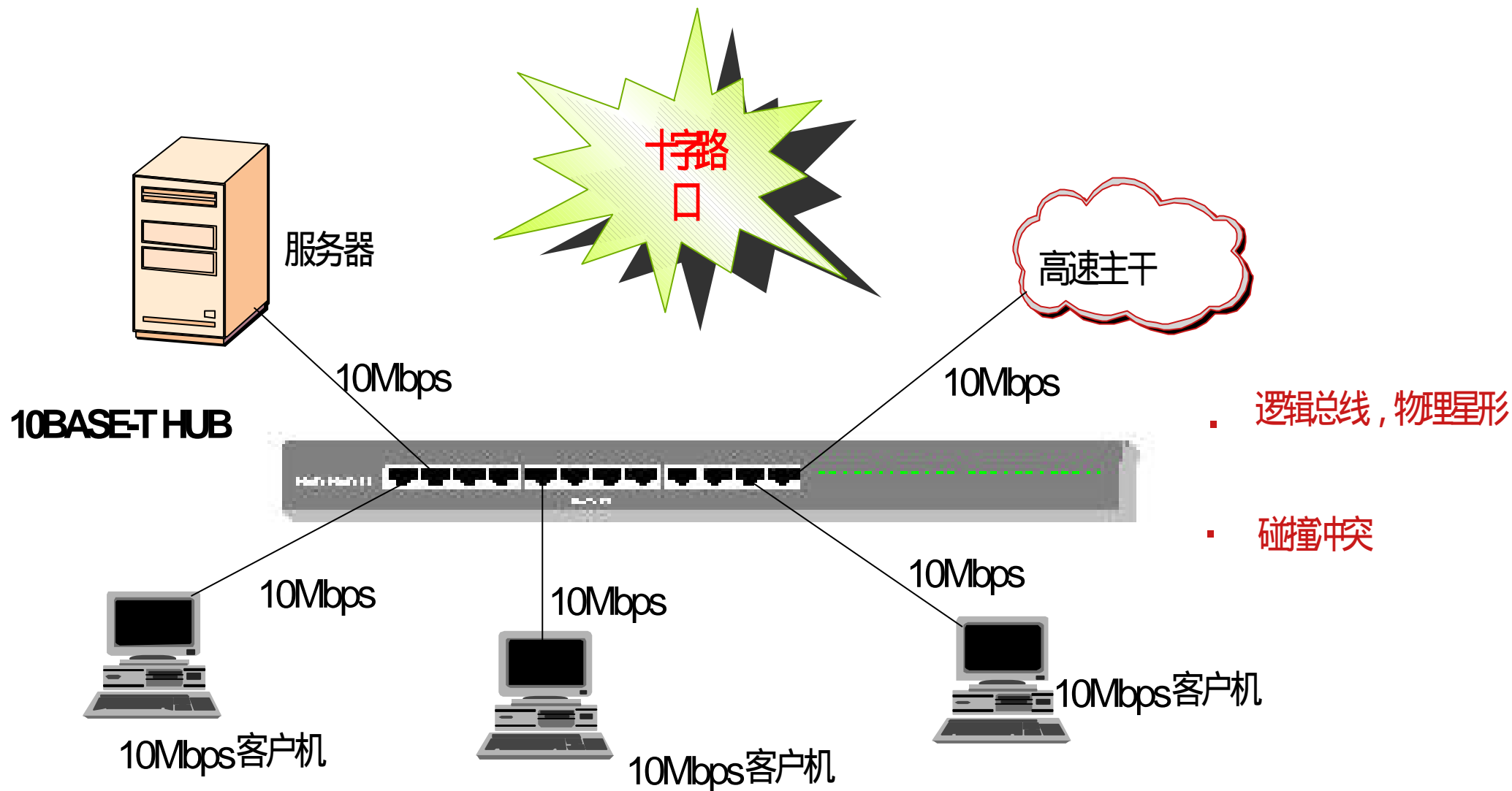
载波监听：发送前的检测

冲突检测：发送过程中的检测

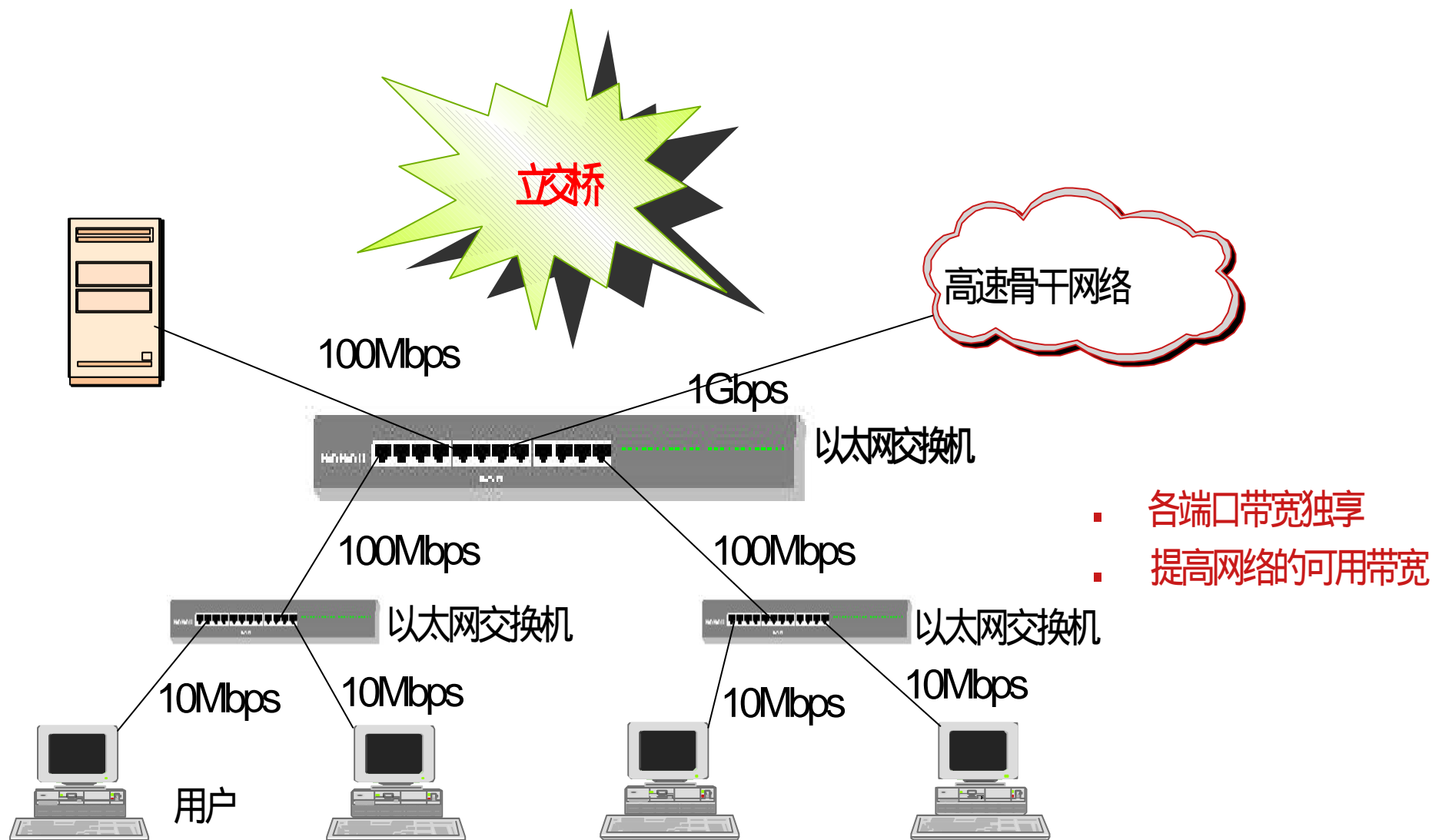
回退：检测到冲突后处理



以太网—共享



以太网—交换



广域网



HDLC、PPP、X.25、FR、IPOA、
POS

两种交换方式



电路交换

- 预先建立实连接
- 传统电话业务

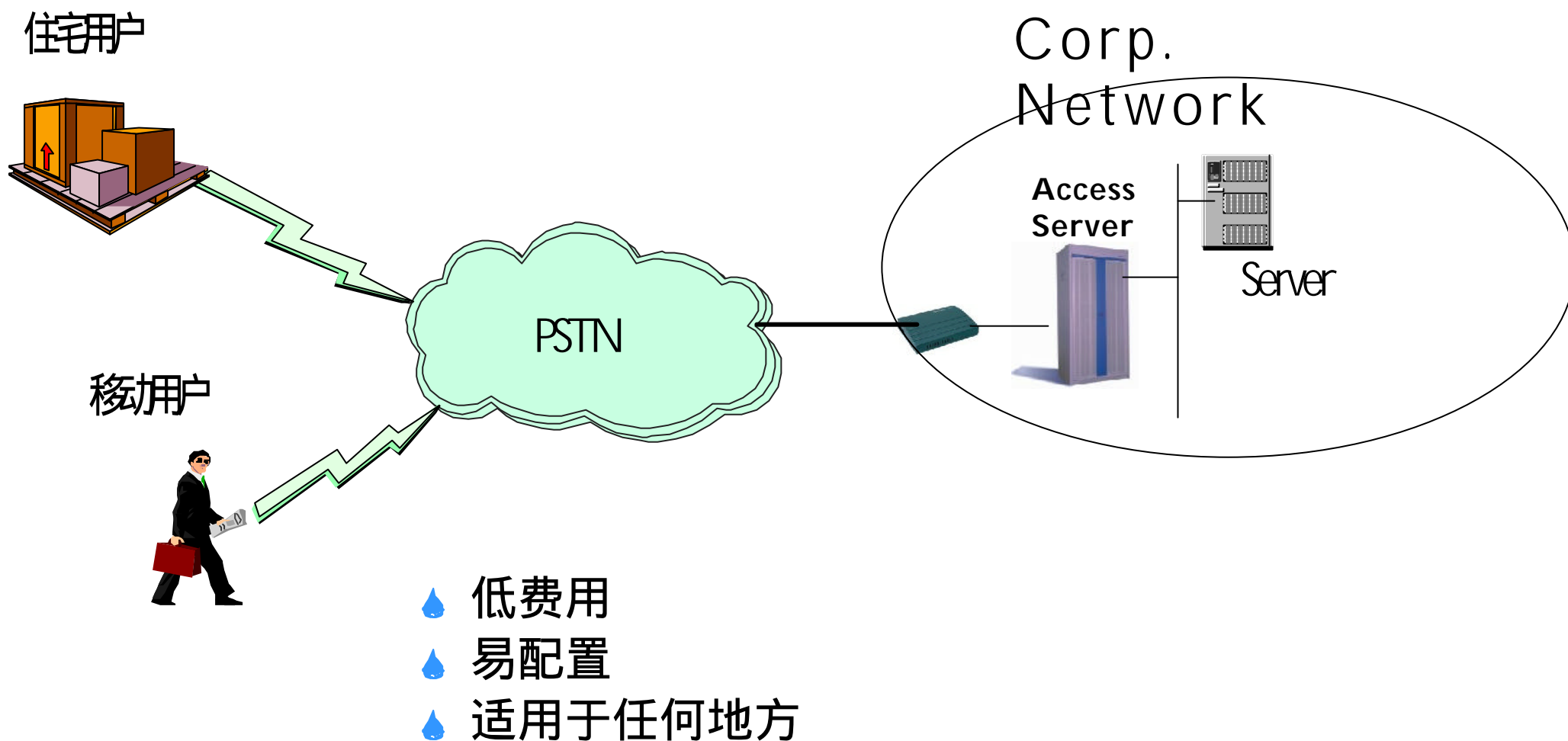


分组交换

- 信息分组
- X25、IP

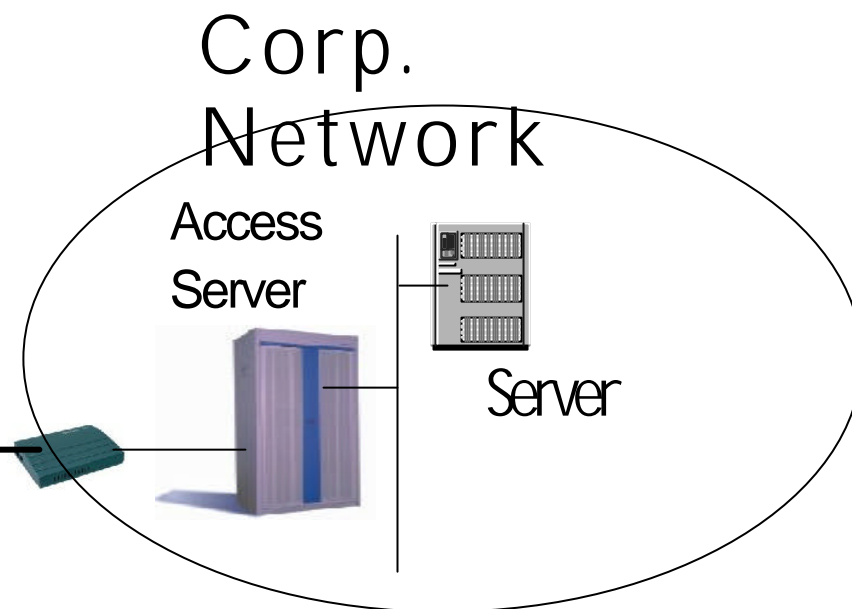
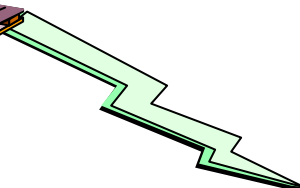
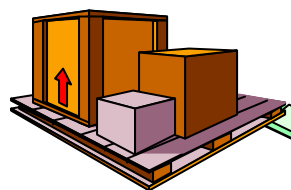


PSTN



ISDN

住宅用户

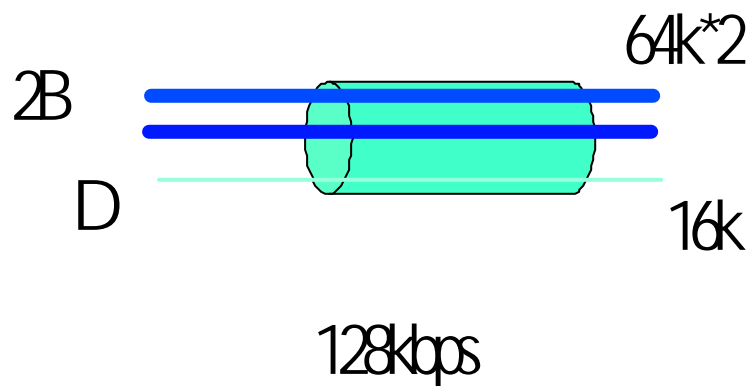


- 💧 高可用带宽（128K）
- 💧 快速连接
- 💧 上网同时可打电话

ISDN速率标准

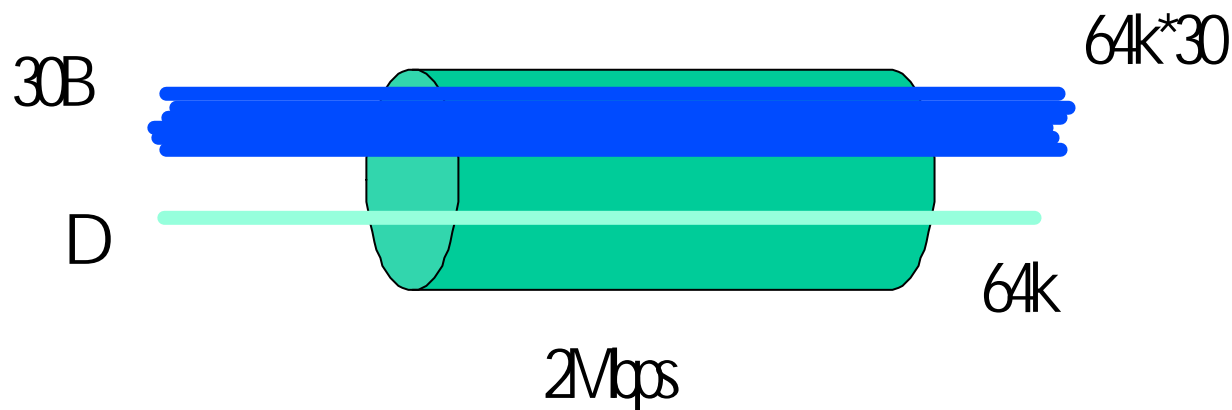
基本速率接口 (BRI)

- 单一物理连接
- 两条逻辑连接
- 客户端适用

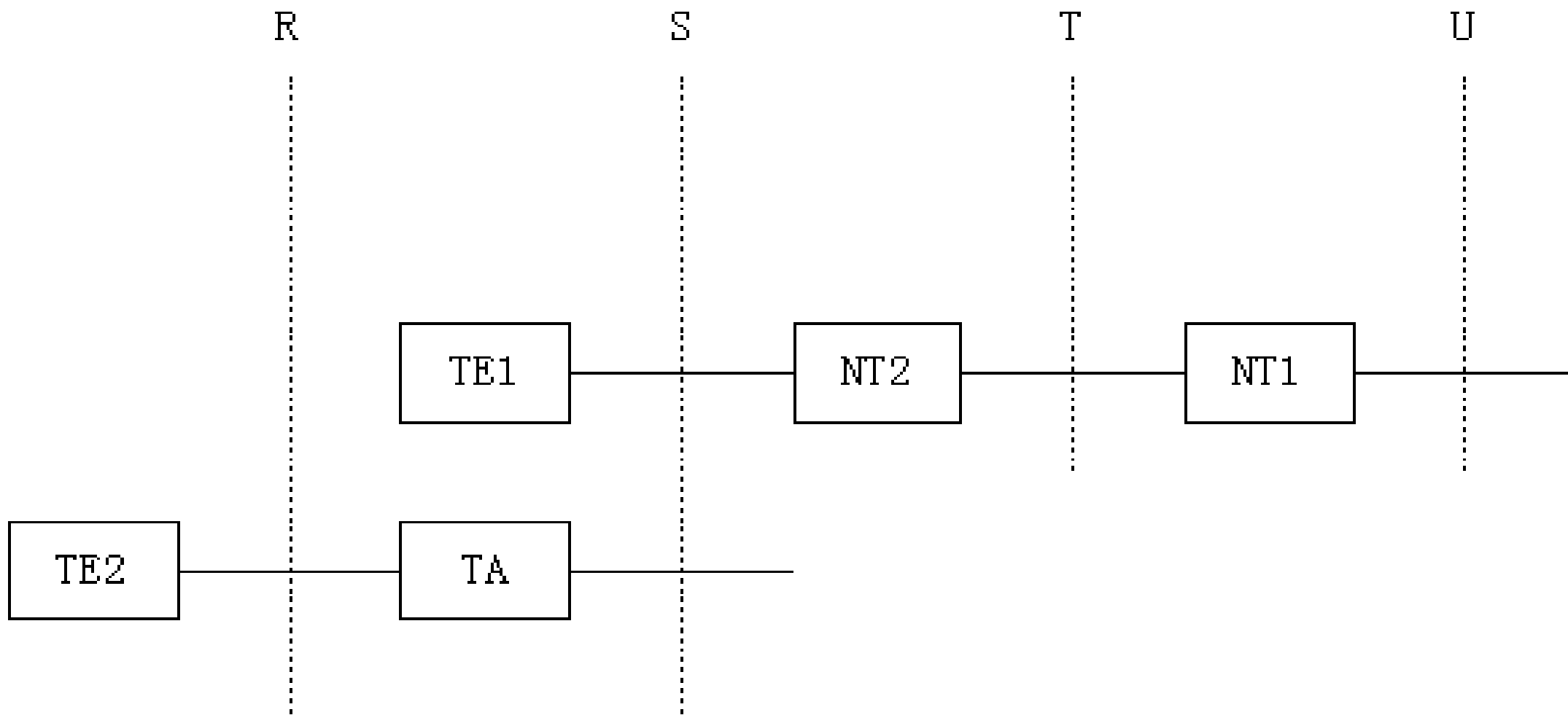


基群速率接口 (PRI)

- 单一物理连接
- 30条逻辑连接
- 中心节点适用



ISDN 参考点与设备



ISDN 用户——网络接口参考配置

特性

- 💧 面向比特
- 💧 数据链路层协议
- 💧 运行于同步串行线路

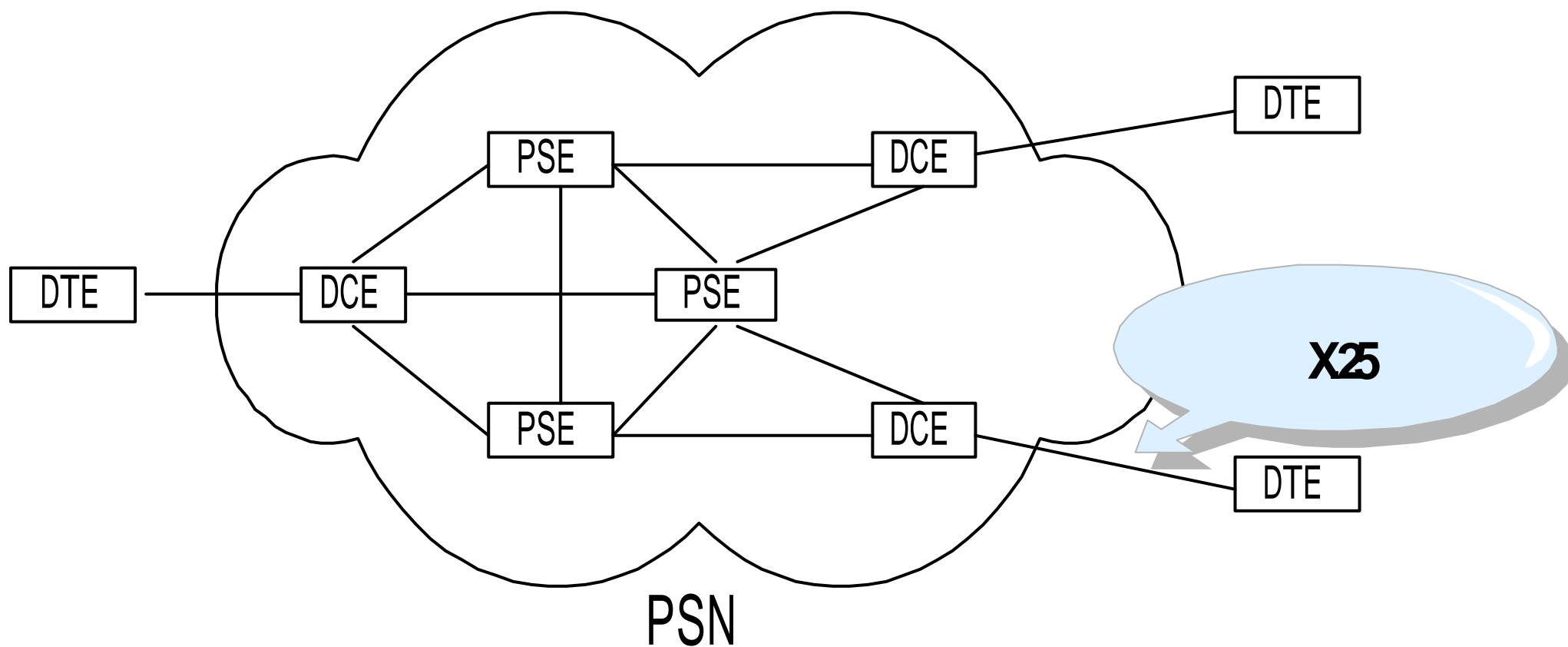


特性

- 支持同步、异步链路
- 提供PAP、CHAP用户验证
- 支持多种三层协议

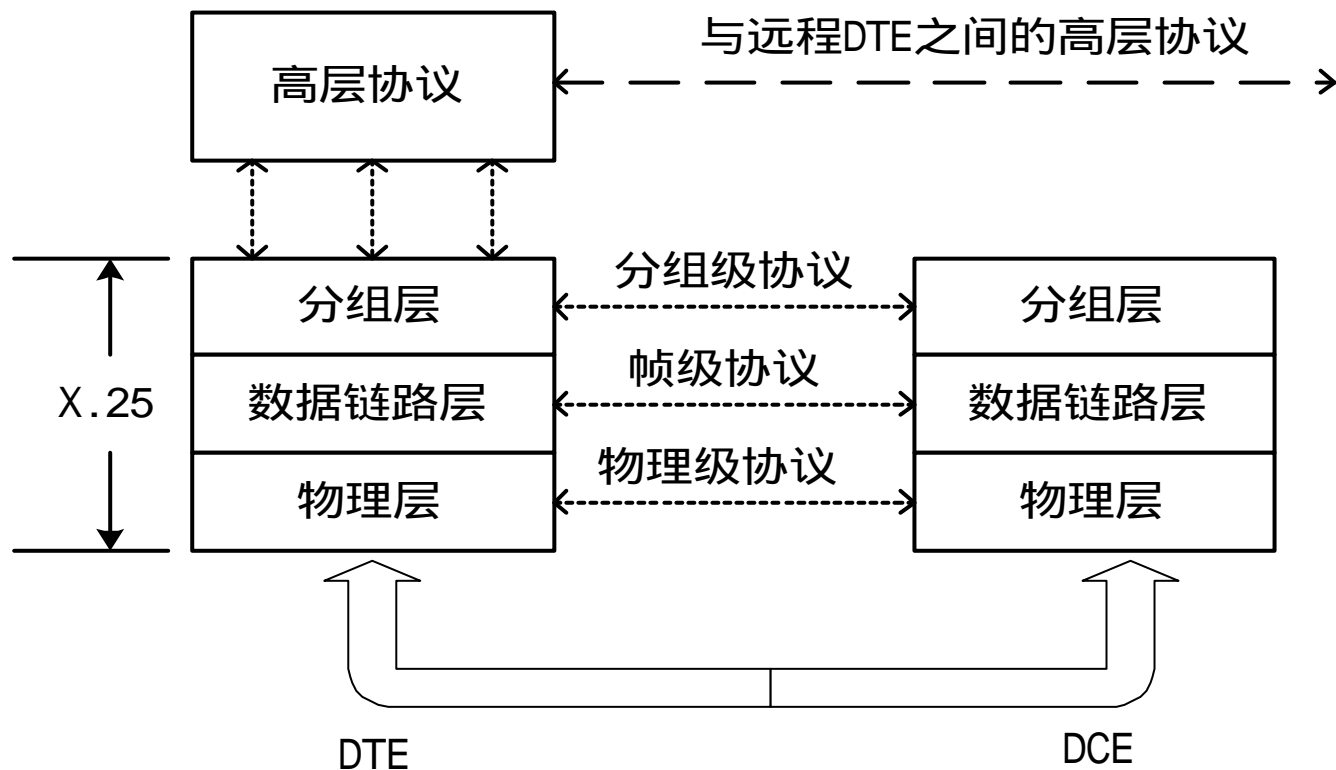
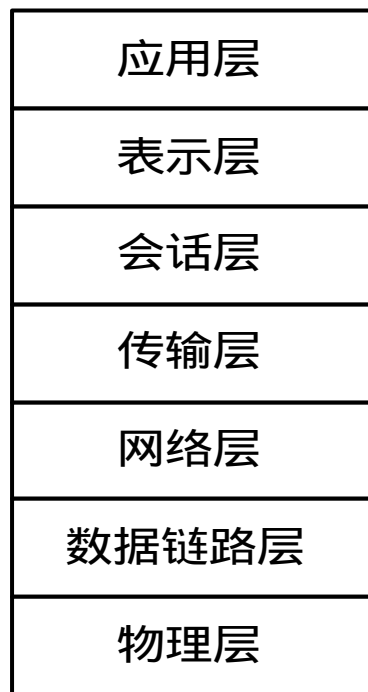


X.25网——模型



X.25网——分层结构

OSI参考模型



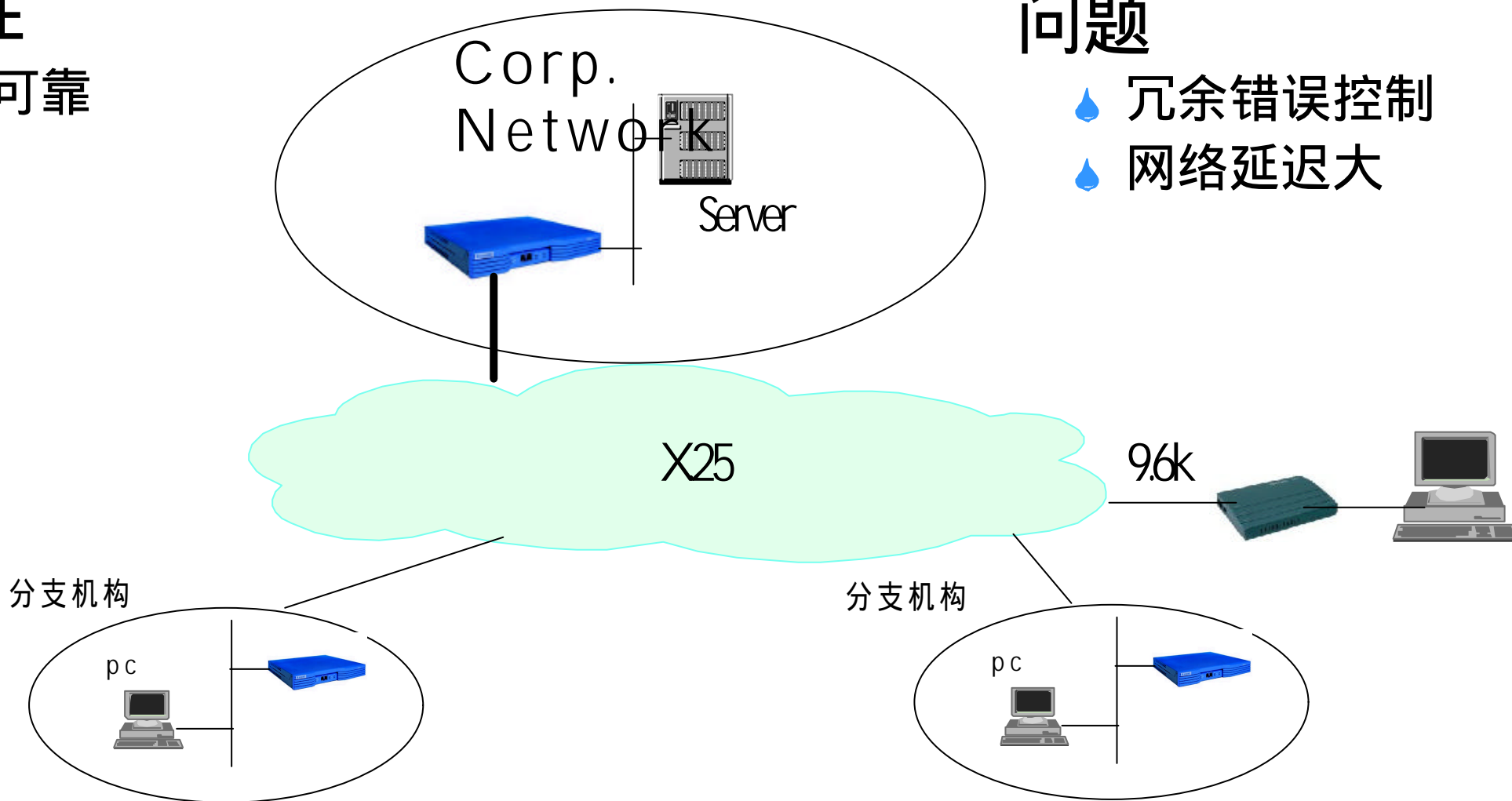
X.25网——应用

特性

💧 可靠

问题

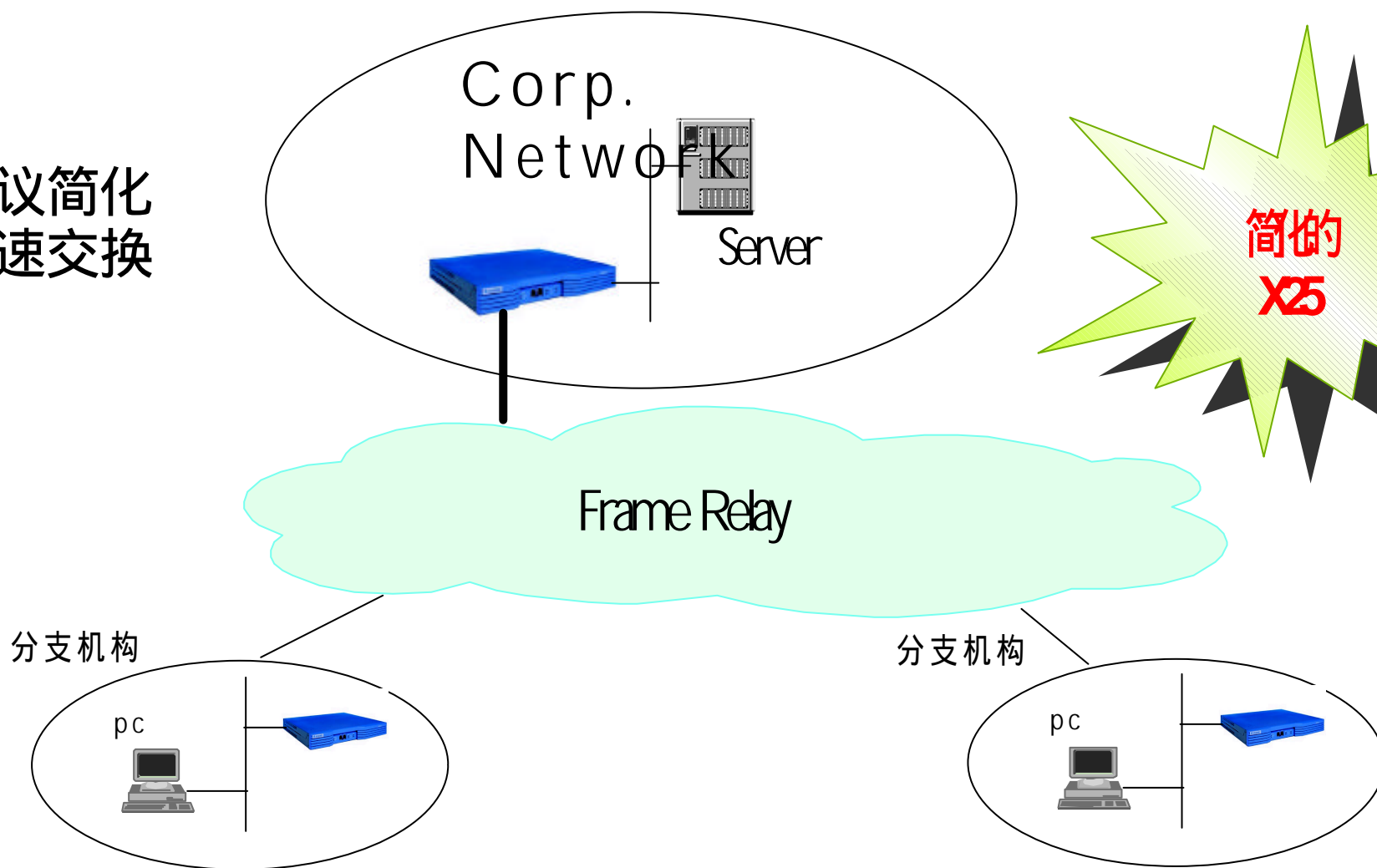
💧 冗余错误控制
💧 网络延迟大



Frame-Relay

特性

- 💧 协议简化
- 💧 快速交换



X25 vs. FR



X25

- 协议严谨
- 逐段纠错与流控
- 面向传统的传输线路
- 低速率、低效率
- 高可靠



帧中继

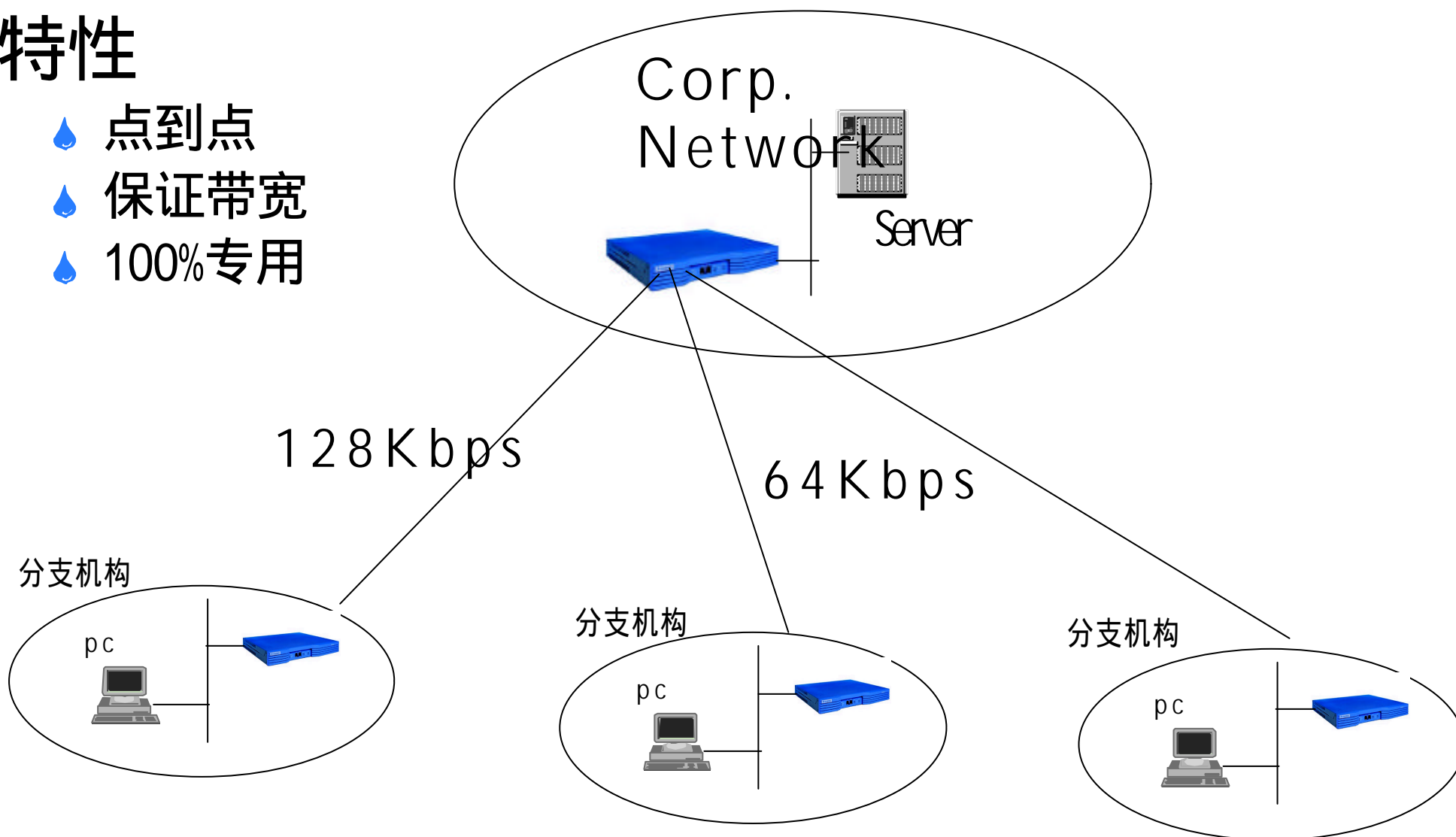
- 简化的X25
- 检错、不纠错
- 面向高质量线路
- 高速率、高效率

看来,该升级
了



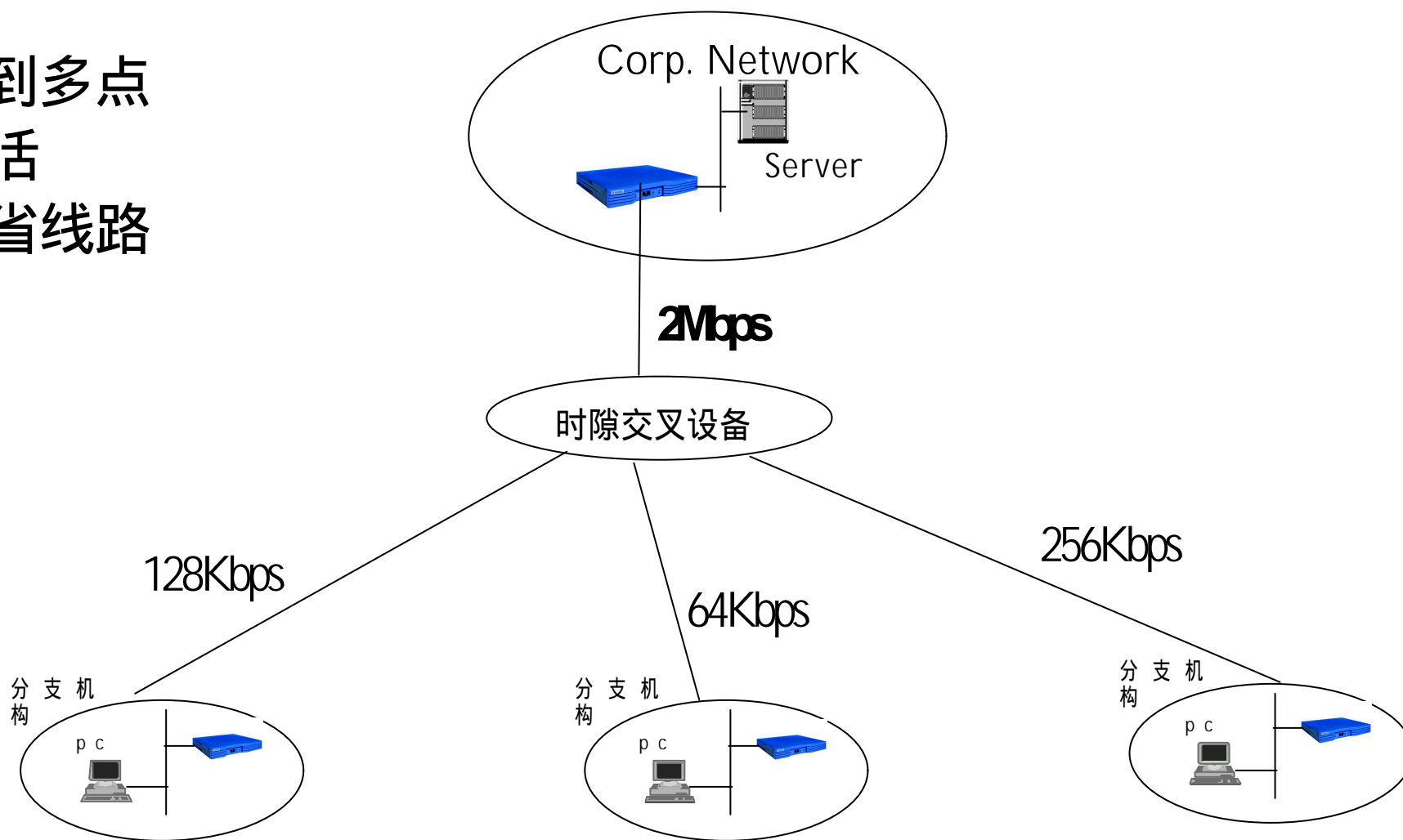
特性

- 💧 点到点
- 💧 保证带宽
- 💧 100%专用



特性

- 💧 点到多点
- 💧 灵活
- 💧 节省线路



网络分层体系结构

应用、传输层

物理、数据链路层



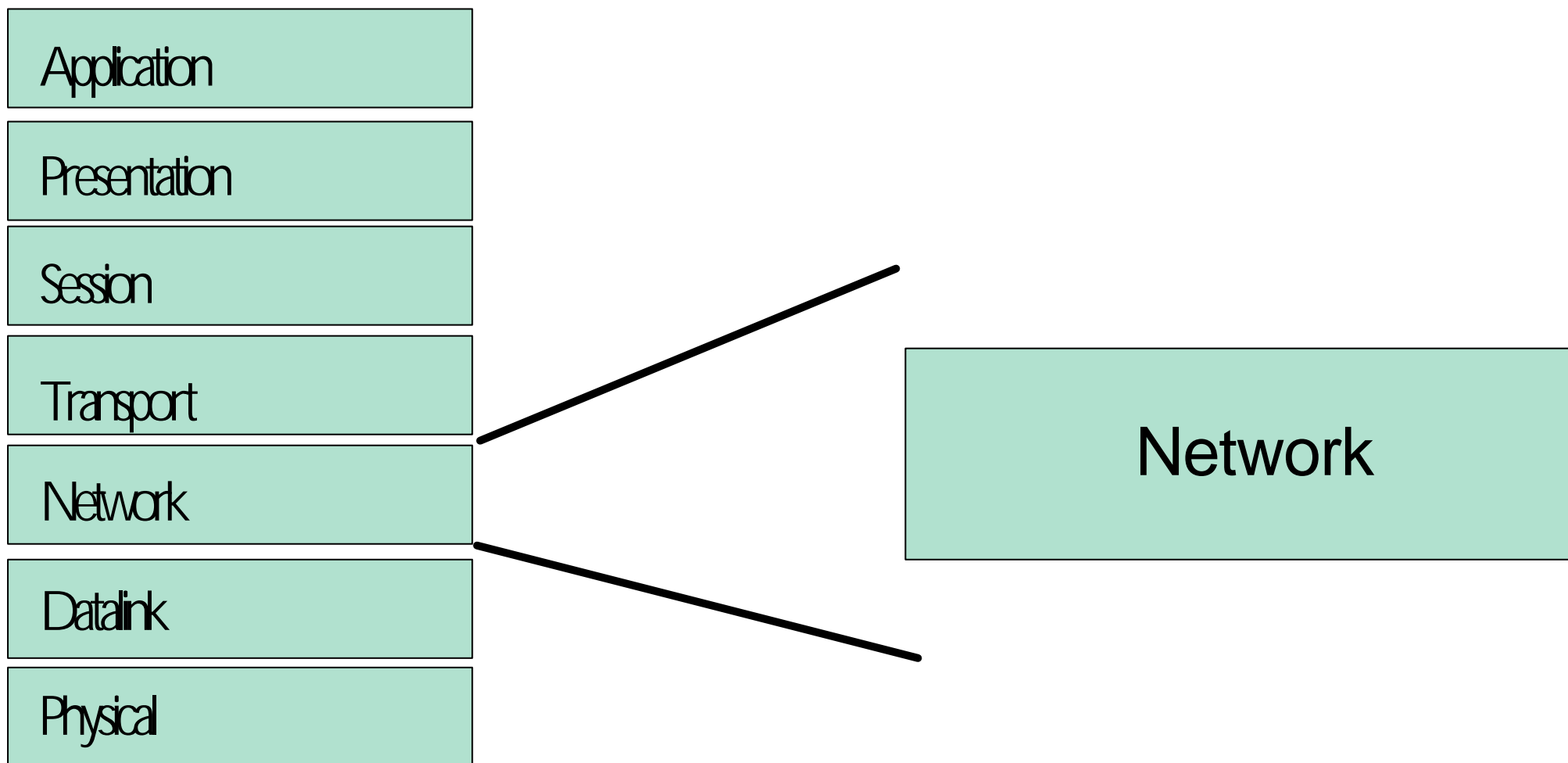
网络层——地址

网络层——路由

网络层应用协议

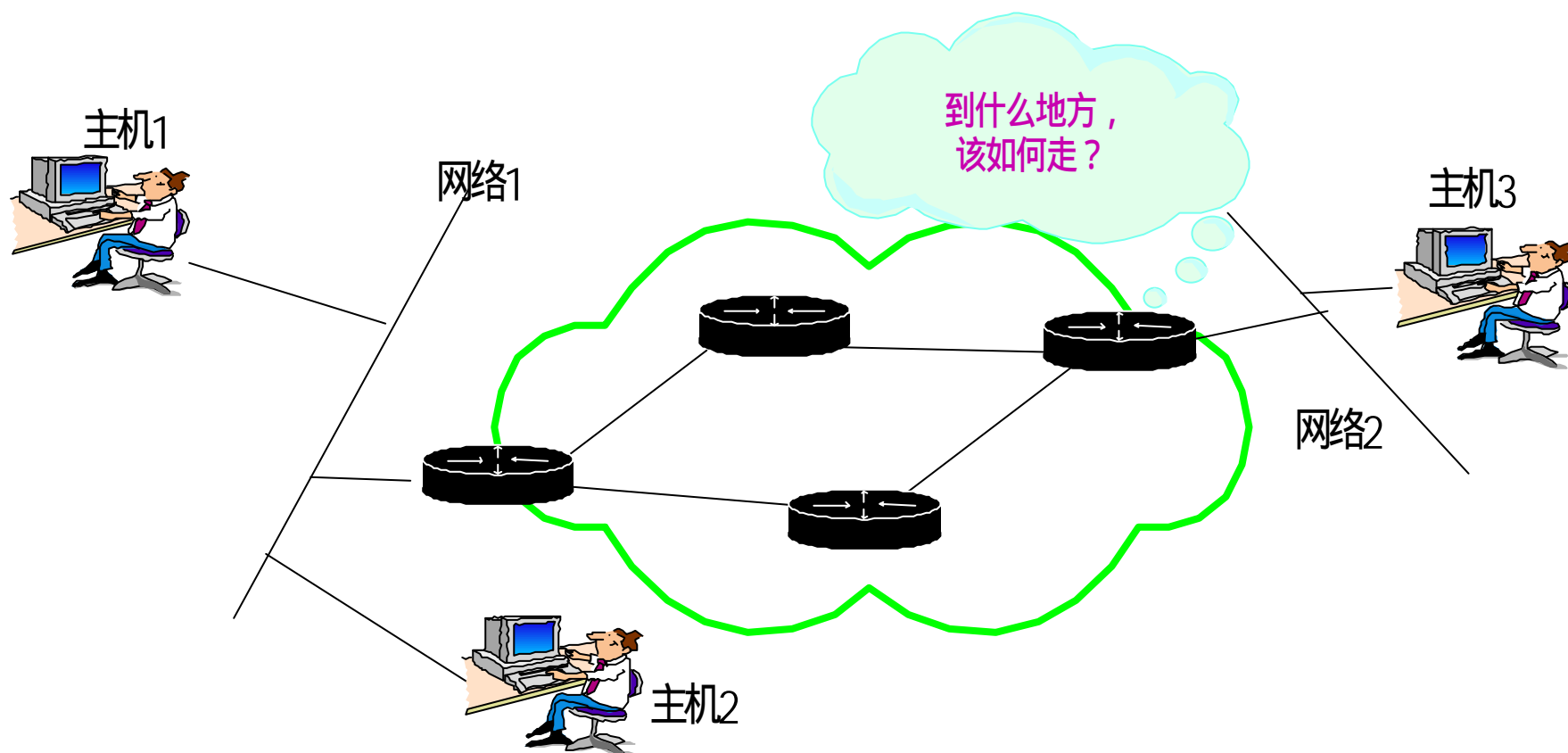


网络层



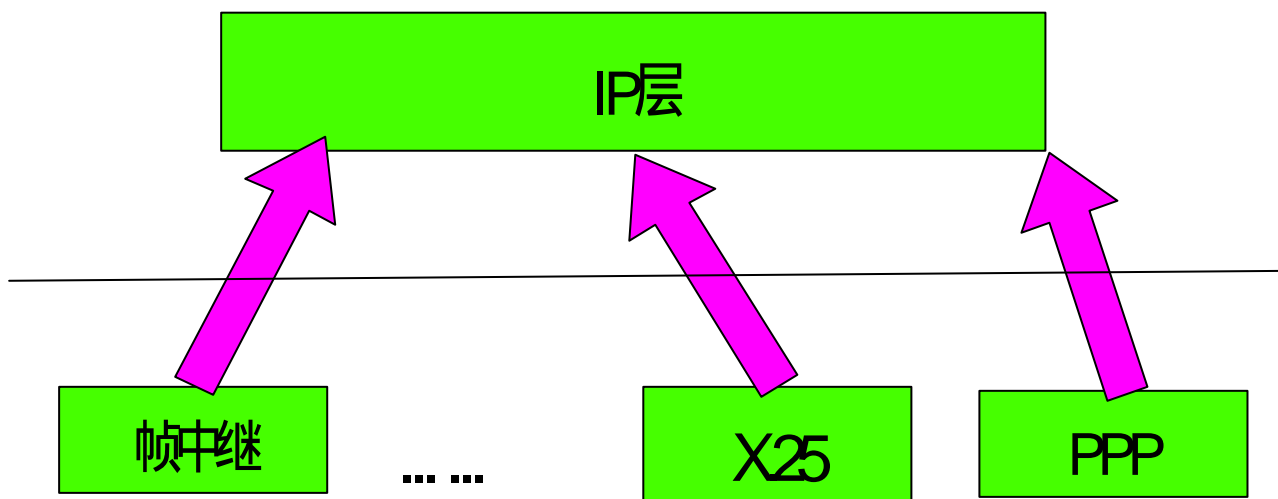
网络层——寻址和路由

寻找最佳路径、转发数据包



IP协议基本功能

- ✧ 提供了全球统一的编址方式，屏蔽了物理网络地址的差异，使路由查找成为可能。
- ✧ 提供了全球统一的报文格式，屏蔽了网络链路层差异，使网络互联成为可能。



IP报文格式（一）

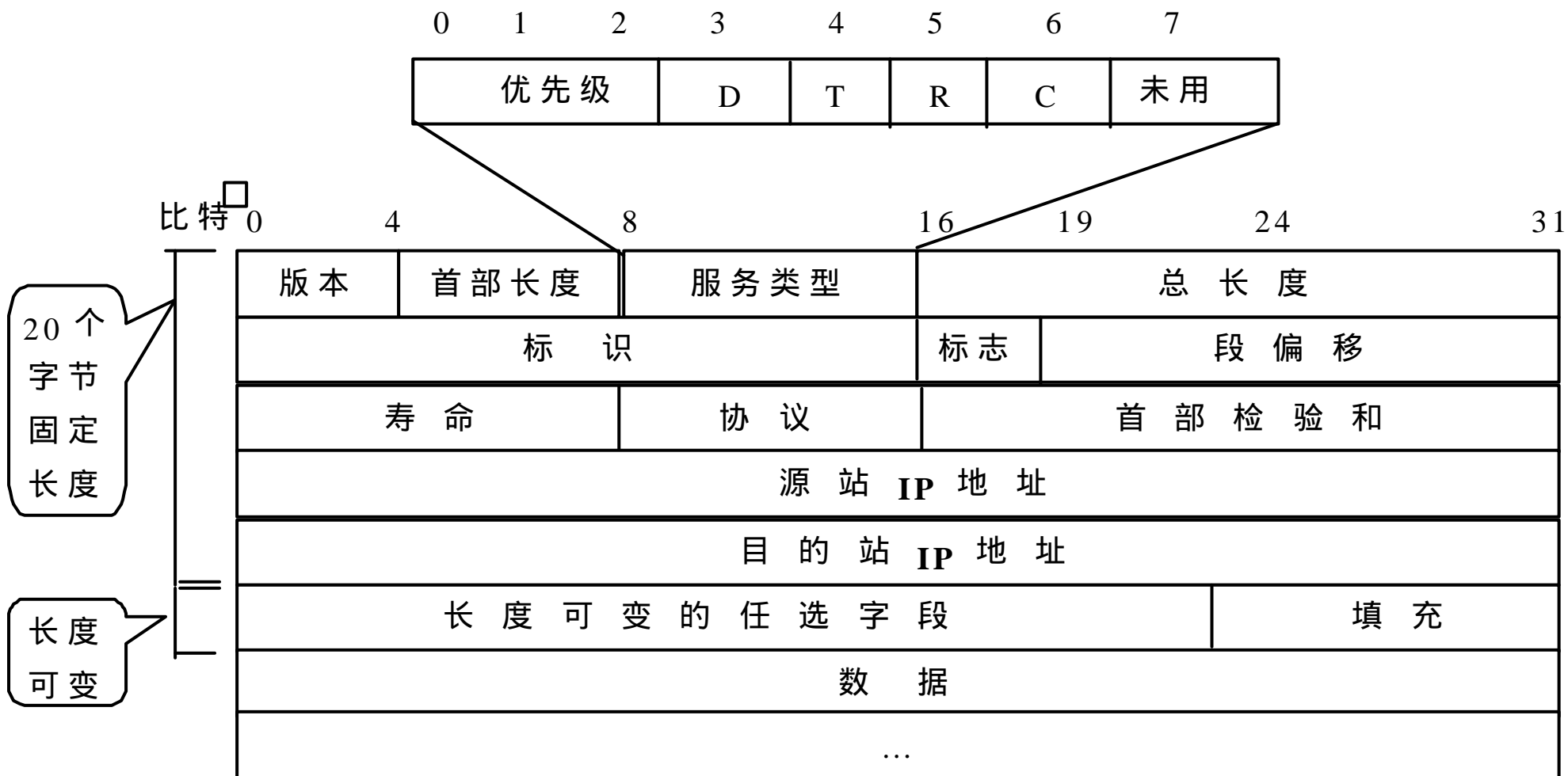


图 6 IP 数据报的格式

IP报文格式（二）

版本

- 4——IPv4

首部长度

- 单位为4字节，最大60字节

总长度

- 单位字节，最大65535字节

标识

- 数据包分片后重组

标志——占3比特,只用到低位的两个比特

- MF（More Fragment）
 - ✓ MF=1，后面还有分片的数据包
 - ✓ MF=0，分片数据包的最后一个
- DF（Don't Fragment）
 - ✓ DF=1，不允许分片
 - ✓ DF=0，允许分片

IP报文格式（三）



段偏移

- 分片后的分组在原分组中的相对位置
- 总共13比特，单位为8字节



寿命——TTL (Time To Live)

- 丢弃TTL=0的报文



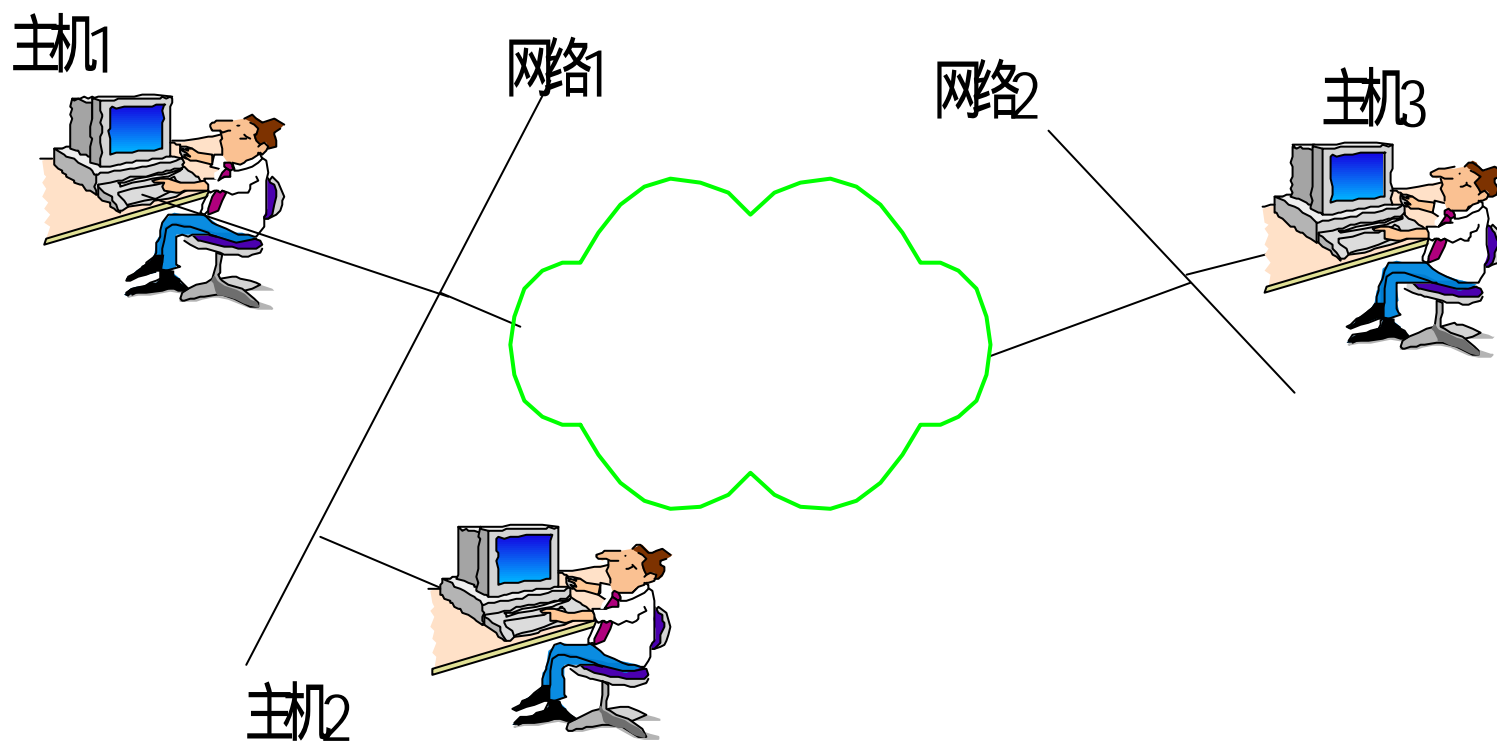
协议

- 携带的是何种协议报文
- 1: ICMP
- 6: TCP
- 17: UDP
- 89: OSPF

网络地址和主机地址

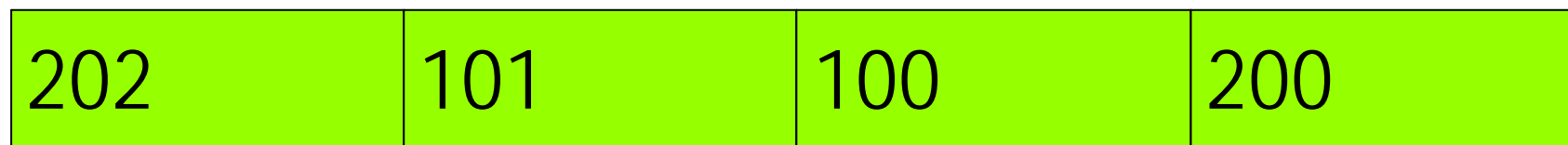
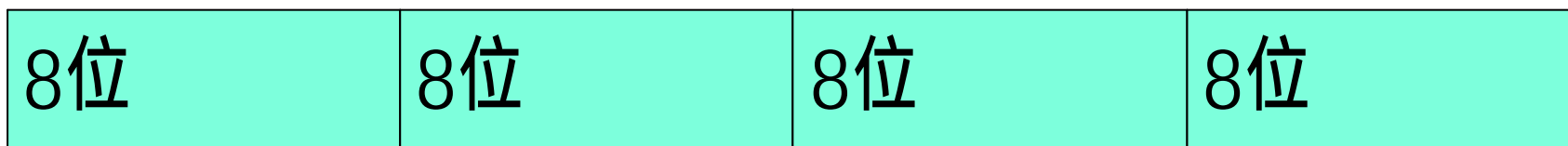
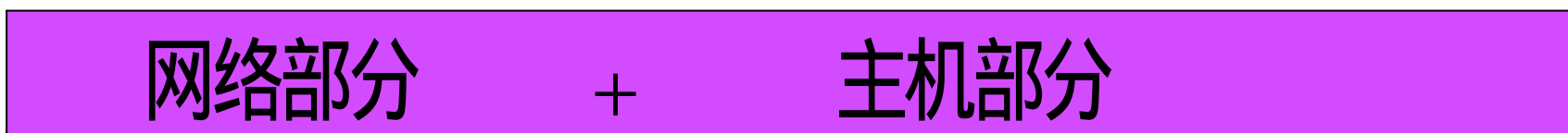
IP地址=网络部分+主机部分

网络	主机
1	1
	2
2	3



IP地址

32位



IP地址类型

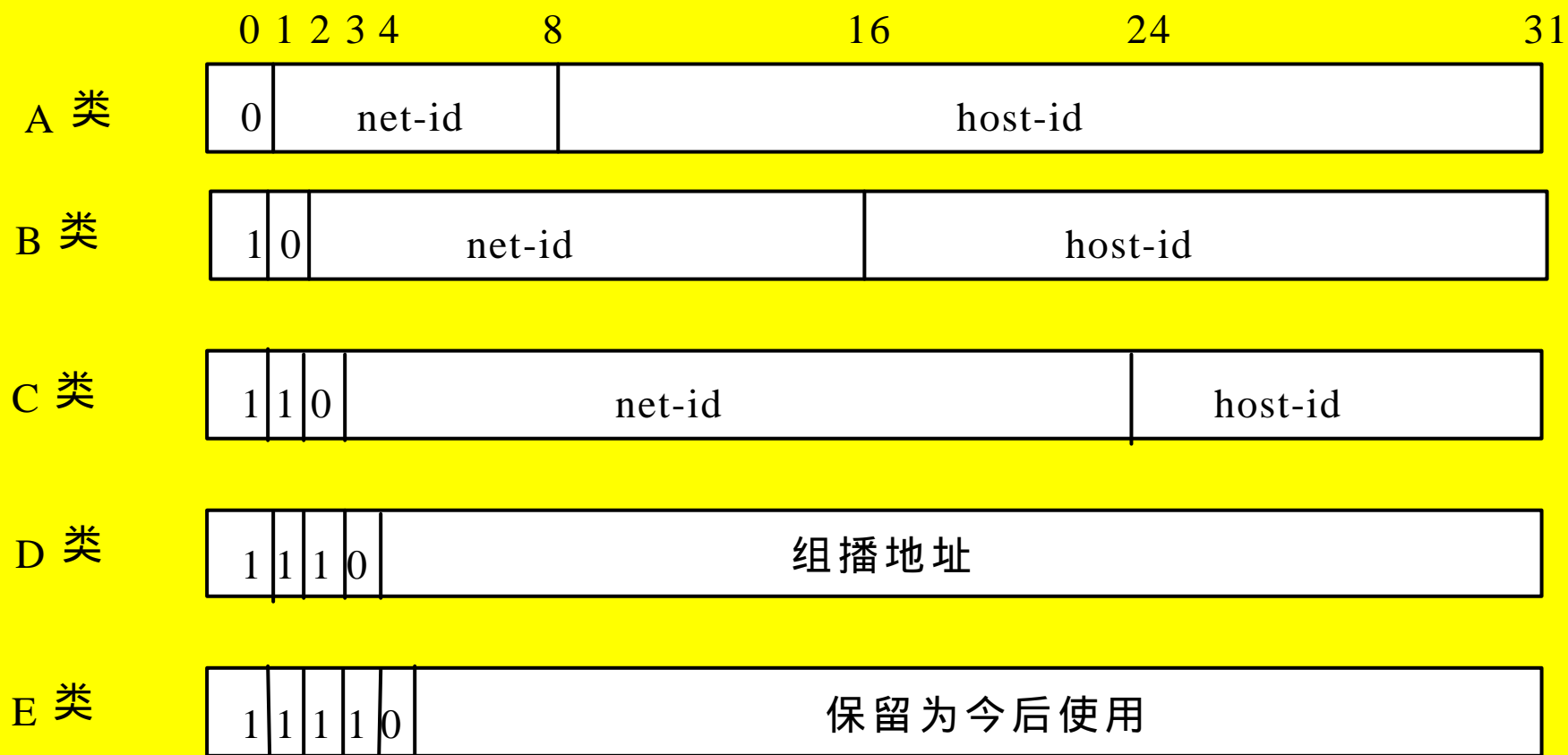


图 2 IP 地址的五种类型
net-id—网络号码， host-id—主机号码

特殊的IP地址



网络地址

- 主机部分全0的地址
- 代表一个网段
- 常见于路由表
- 例：133.25.0.0
- 全0地址0.0.0.0



广播地址

- 主机部分全1的地址
- 代表网段内所有的接口和主机
- 例：133.25.255.255
- 全1地址255.255.255.255



Loopback地址

- 127.X.X.X
- 用作本地软件回送测试（Loopback test）之用。如：127.0.0.1

IP地址范围

网络类别	最大网络数	第一个可用的网络号码	最后一个可用的网络号码	每个网络中的最大主机数
A	126	1	126	16,777,214
B	16,382	128.1	191.254	65,534
C	2,097,150	192.0.1	223.255.254	254

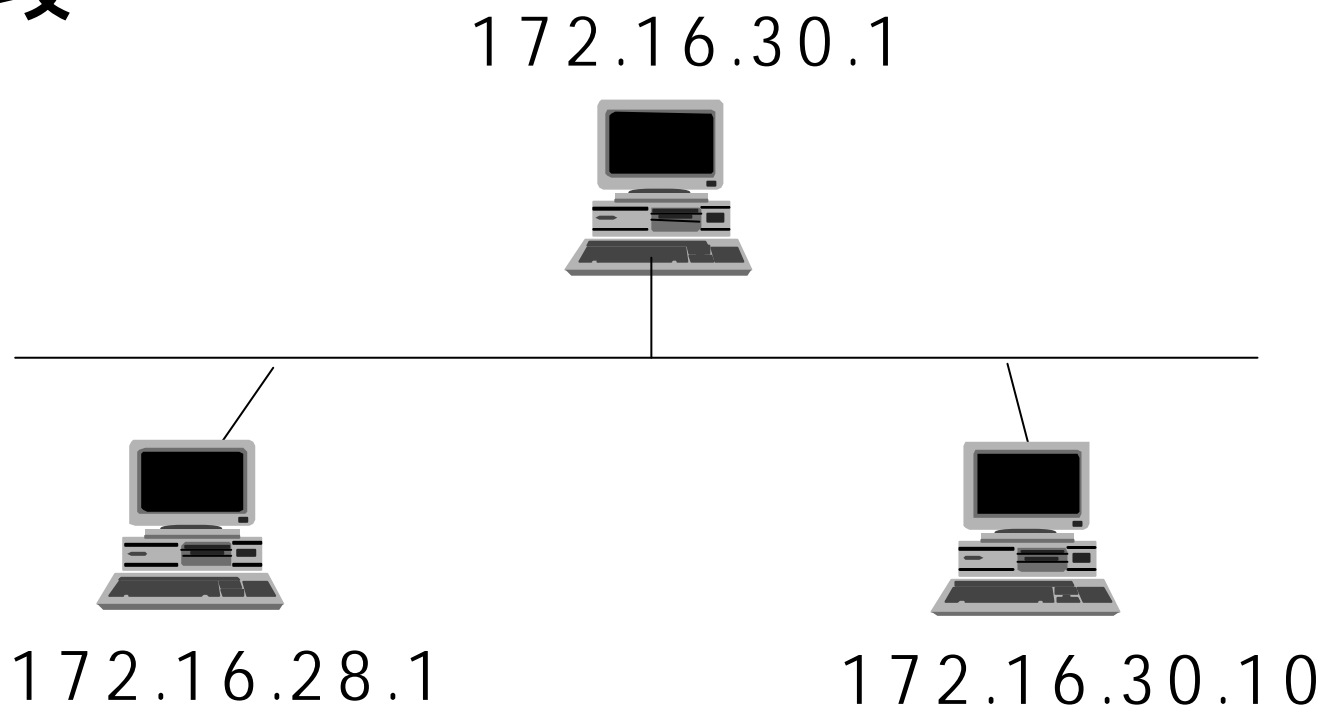
IP地址特点

- 💧 IP地址是有层次结构的
- 💧 IP地址不能反映主机的地理位置
- 💧 IP地址的分配对象是机构、组织等地理上的虚拟实体

无子网编址

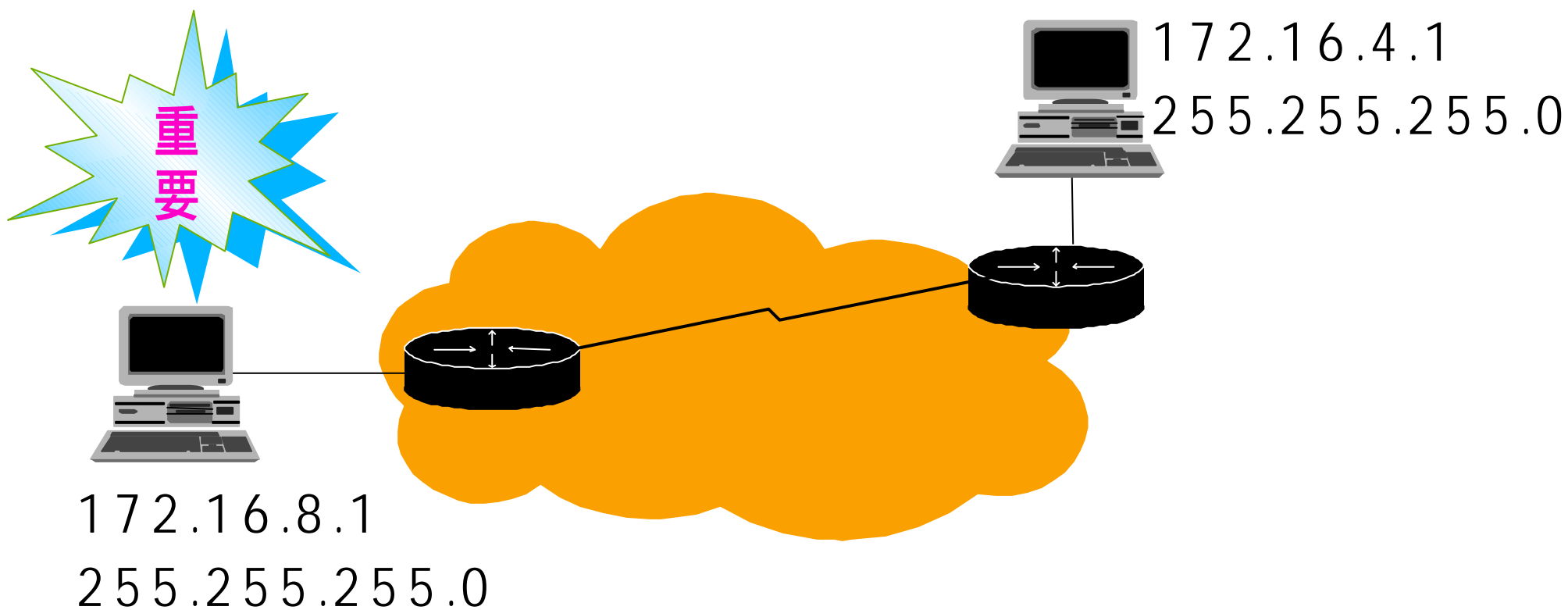
💧 172.16.0.0

💧 自然网段



带子网编址

- 主网: 172.16.0.0
- 掩码: 255.255.255.0
- 子网: 172.16.4.0 172.16.8.0



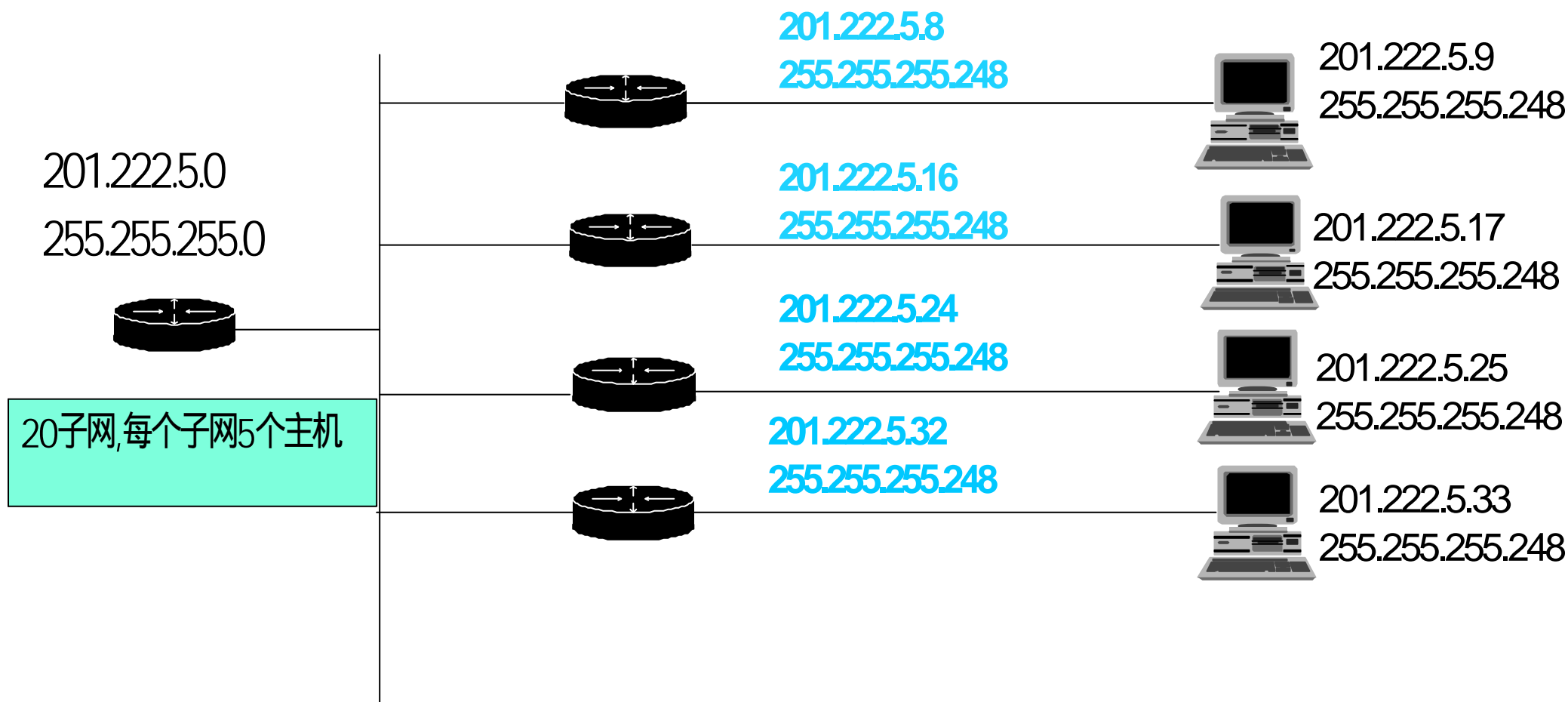
💧 1代表网络部分, 0代表主机部分

💧 VLSM——可变长子网掩码

- m为掩码中1的位数, n为掩码中0的位数
- $0 \leq m \leq 32$ 、 $0 \leq n \leq 32$
- $m+n=32$
- 无类型子网

11111111. 11111111. 11110000. 00000000
255.255.240.0

子网规划（一）



子网规划（二）

子网规划的核心工作——掩码界定

- 确定掩码中1的位数或者0的位数

如果要求子网能容纳n台主机，掩码中0的位数（代表主机的位数）为M，则：

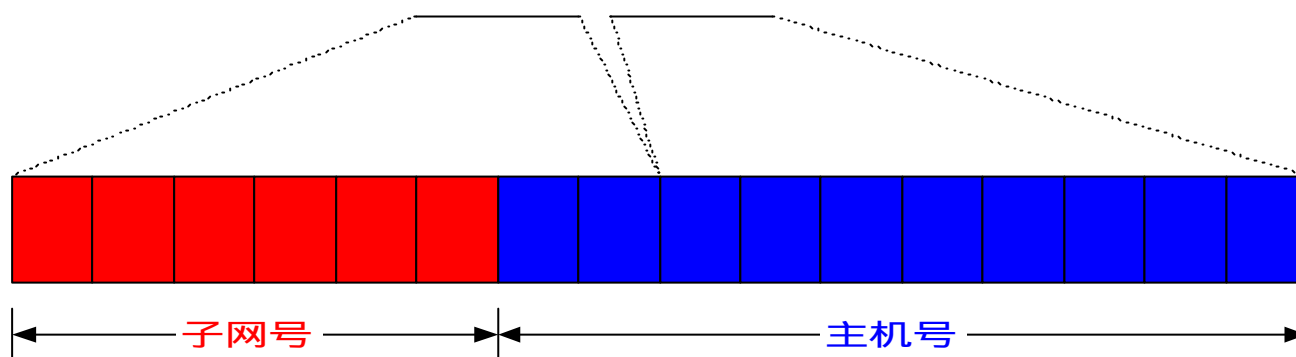
- $M = \{\log_2(n+2)\}$ { }代表上取整运算
- n+2代表加上一头一尾的网络地址和广播地址
- 例：n=13，则M=4

子网规划实例（一）

某公司向NIC申请一B类网（191.38.0.0/16）IP地址空间，该公司可依照自己的组织结构为公司的各个分公司、部门划分IP地址空间，形成有层次的子网结构，大大方便了管理工作。

子网规划实例（二）

191 . 38 . 0 . 0



- ✦ 子网号的长度：6位
- ✦ 子网的最大数目：64
- ✦ 主机号的长度：10位
- ✦ 主机的最大数目：1022（除去子网网络地址和子网广播地址）

子网规划实例（三）

使用者	子网号	第一个可用的主机地址	最后一个可用的主机地址
总公司	0	191.38.0.1	191.38.3.254
成都分公司	1	191.38.4.1	191.38.7.254
广州分公司	2	191.38.8.1	191.38.11.254
云南分公司	3	191.38.12.1	191.38.15.254
上海分公司	4	191.38.16.1	191.38.19.254

子网判定

💧 给定一个地址**A**及其掩码**M**，判定地址**B**在掩码**M**下和**A**是否属于同一个子网

💧 用在路由匹配、路由查找中

💧 离开掩码，谈论地址**A**和**B**是否在同一子网毫无意义



非常重要

子网判定实例（一）

判定实例

- PC机地址：18.56.75.27，
掩码：255.255.240.0
- 目的地址：18.56.82.23

子网判定实例（二）

💧 第一步，将目的地址和给定的地址做逻辑异或运算

00010010.00111000.01010010.00010111
18.56.82.23

00010010.00111000.01001011.00011011
18.56.75.27

00000000
0.0.25.12



不同为1，相同为0

子网判定实例（三）

💧 第二步，将第一步运算得到的结果与给定的掩码做逻辑与运算

00000000.00000000.00011001.00001100 0.0.25.12

11111111. 11111111. 11110000. 00000000

255.255.240.0

00000000.00000000.00010000.00000000 0.0.16.0

两个都是1，结果才为1，否则为0

子网判定实例（四）

- 💧 两次运算后，得到一个4字节的结果
- 4个字节**全0**，则在给定掩码下，两个地址属于**同一个子网**
 - 4个字节**不全0**，则在给定掩码下，两个地址属于**不同子网**

子网快速判定（一）

快速判定方法

- 关注掩码中非0的字节
- 256减去掩码中各个非0的字节
- 减的结果只可能为1、2、4、8、16.....128
- 两个地址的对应部分分别除以刚才减的结果，**下取整**
- 比较下取整的结果
 - ✓ 都相同，则属于同一子网
 - ✓ 否则，属于不同子网

子网快速判定（二）

快速判定实例

- PC机地址：18.56.75.27，掩码：255.255.240.0
- 目的地址：18.56.82.23
- 掩码前两个字节为255， $256-255=1$ ，结果一目了然
- 掩码第三个字节为240， $256-240=16$
- $[75/16]=4$ ， $[82/16]=5$ **[]代表下取整运算**
- 结论：在给定掩码下，两个地址属于不同子网

在掩码中，最多只有一个非0字节不是255，因此只需进行两次除法，一次比较

地址界定（一）

- 💧 给定一个地址A和掩码M，给出在M下A所属的子网网络地址和子网广播地址
- 💧 同样离不开掩码的限制

地址界定（二）



对机器来说，很简单

- 列出地址A和掩码M的二进制形式
- 对掩码中1的位，A对应的内容不变；对掩码中0的位，A对应的内容变为0
 - ✓ 结果为子网网络地址
- 对掩码中1的位，A对应的内容不变；对掩码中0的位，A对应的内容变为1
 - ✓ 结果为子网广播地址

地址界定（三）



对人工来说，子网网络地址界定

- 掩码M分解为三部分：255、0和其它（假设值为N）
- 掩码中255的部分，A对应字节不变
- 掩码中0的部分，A对应字节变为0
- 掩码中N的部分
 - ✓ 假设A对应字节的值为P，同时令 $L=256-N$
 - ✓ 令 $H=[P/L]$ []代表下取整运算
 - ✓ 令 $K=H \times L$
- 掩码中N的部分，A对应字节变为K
- 最后的结果即为在M下A所属的子网网络地址

地址界定（四）




对人工来说，子网广播地址界定

- 掩码M分解为三部分：255、0和其它（假设值为N）
- 掩码中255的部分，A对应字节不变
- 掩码中0的部分，A对应字节变为1
- 掩码中N的部分
 - ✓ 假设A对应字节的值为P，同时令 $L=256-N$
 - ✓ 令 $H=[P/L]$ []代表下取整运算
 - ✓ 令 $K=(H+1) \times L - 1$
- 掩码中N的部分，A对应字节变为K
- 最后的结果即为在M下A所属的子网广播地址

地址界定（五）

地址界定实例

 IP地址：211.167.138.37

掩码：255.255.240.0

子网网络地址

- $[138/16]=8$
- $8 \times 16 = 128$
- 子网网络地址为：211.167.128.0

子网广播地址

- $[138/16]=8$
- $(8+1) \times 16 - 1 = 143$
- 子网广播地址为：211.167.143.255

网络分层体系结构

应用、传输层

物理、数据链路层

网络层——地址



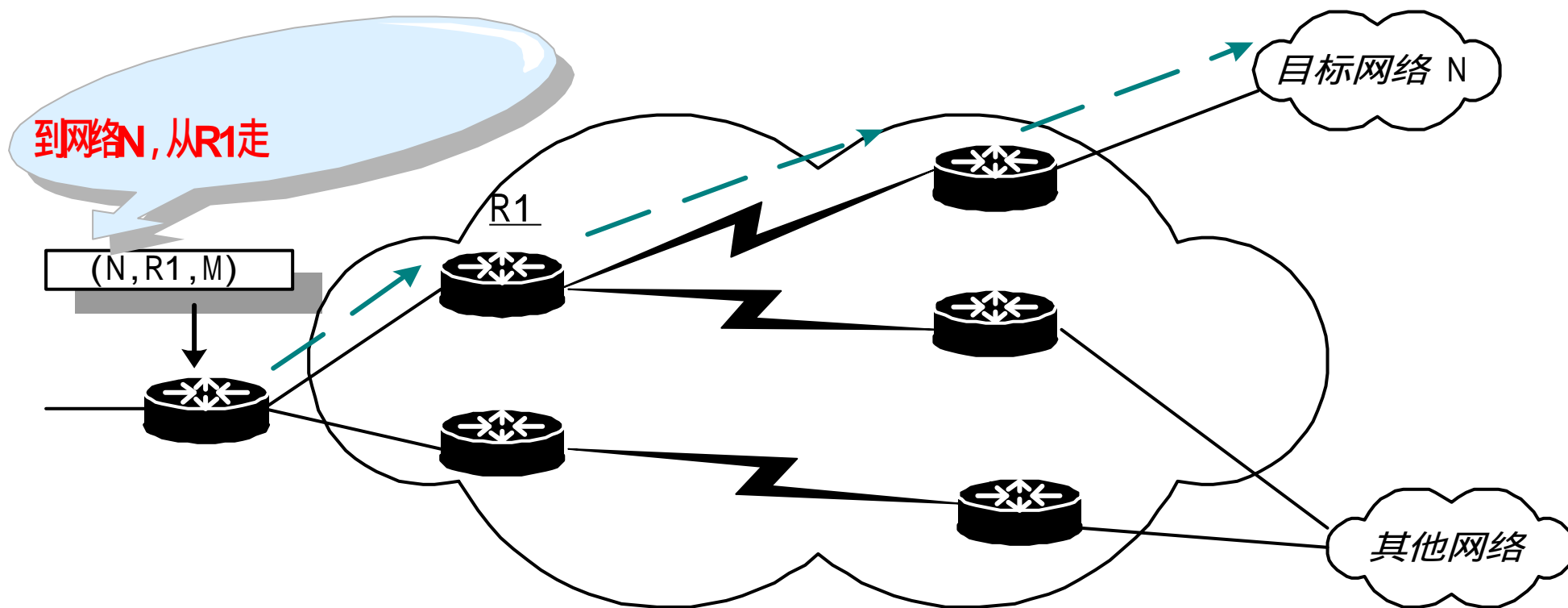
网络层——路由

网络层应用协议



什么是路由

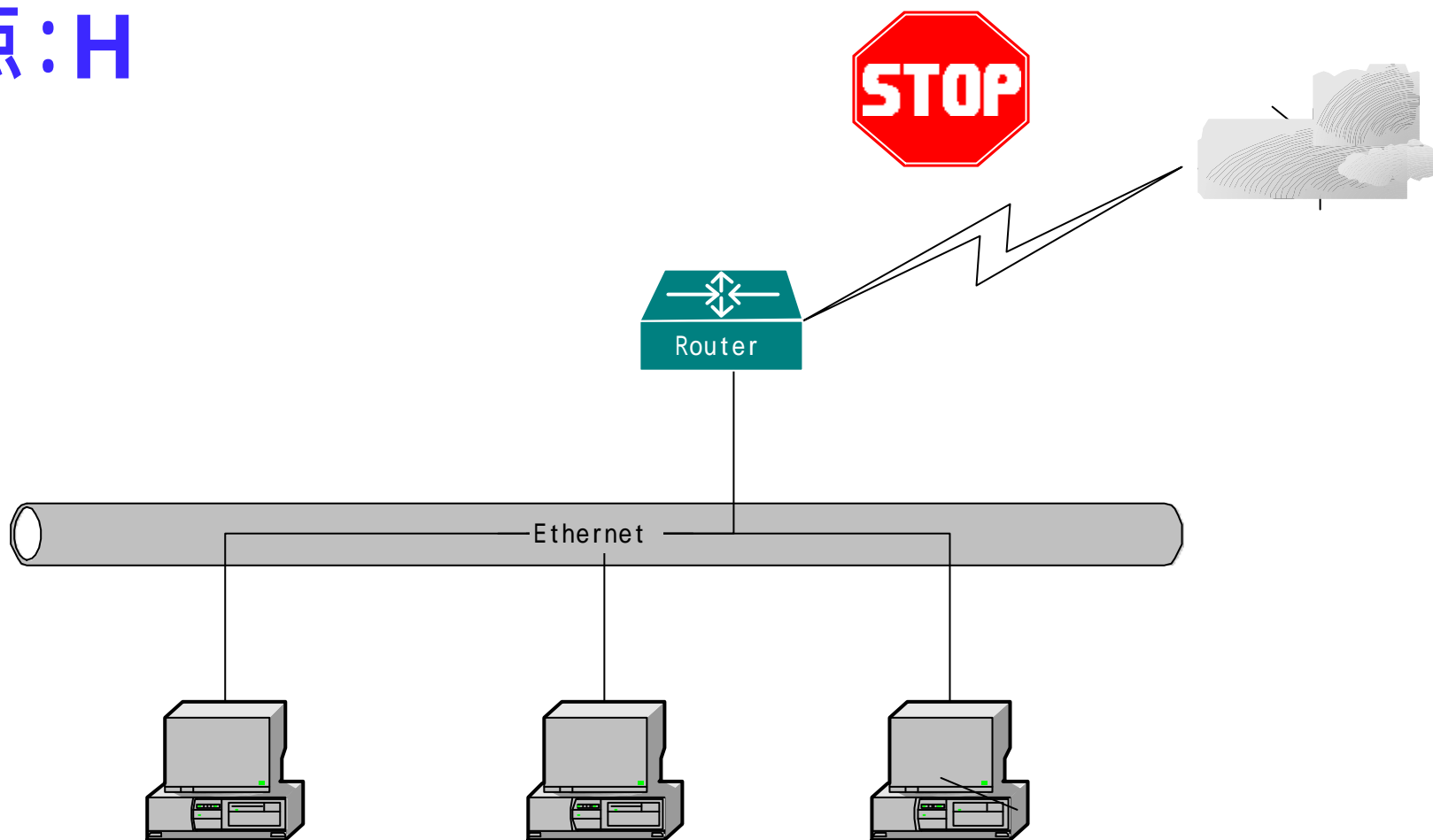
- 💧 路由是指导IP报文发送的路径信息
- 💧 路由存在于三层网络设备和主机中



不可路由协议

💧 地址特点：H

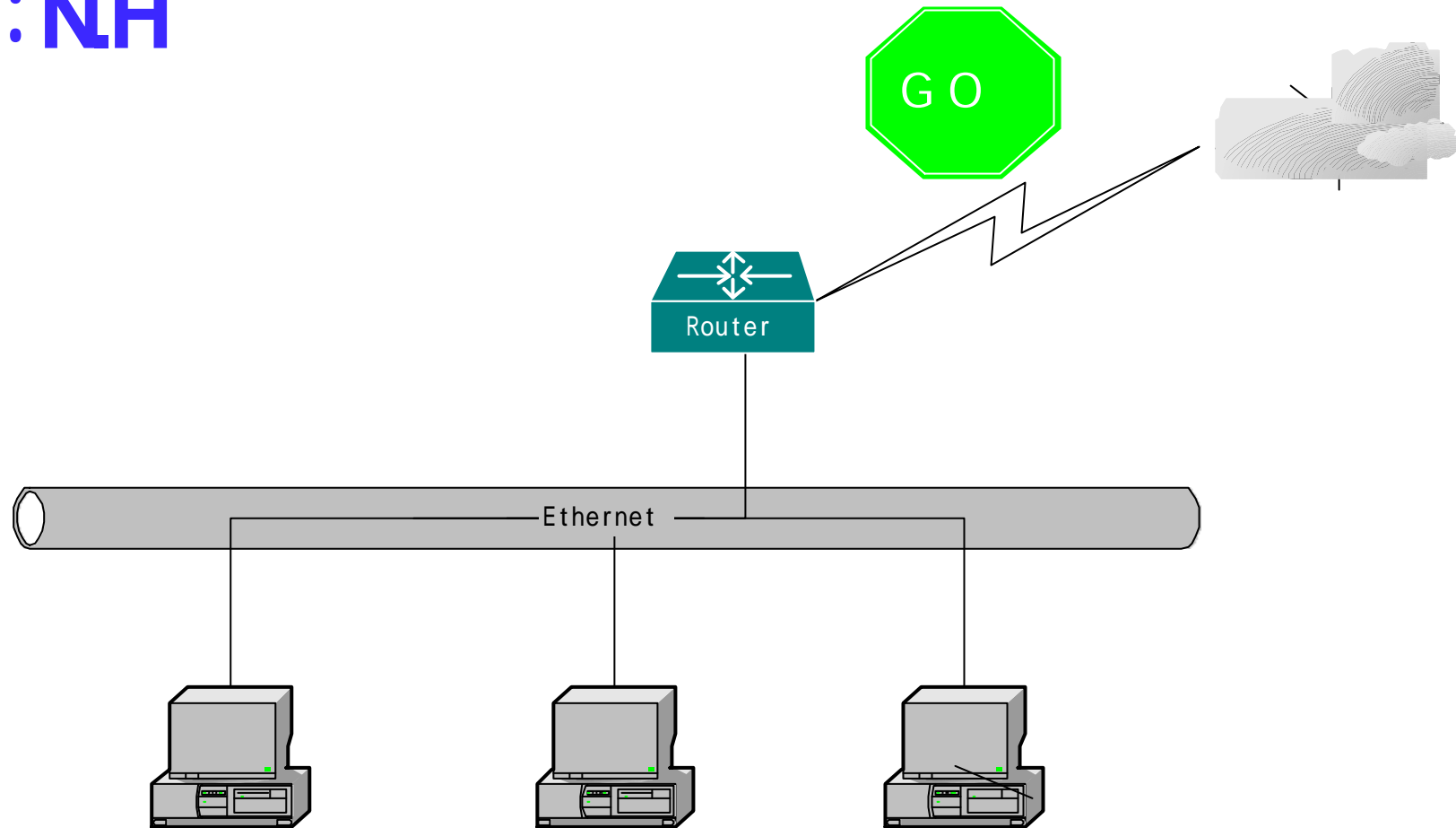
NetBEUI协
议



可路由协议

💧 地址特点：NH

IP协议



路由的种类

💧 静态路由

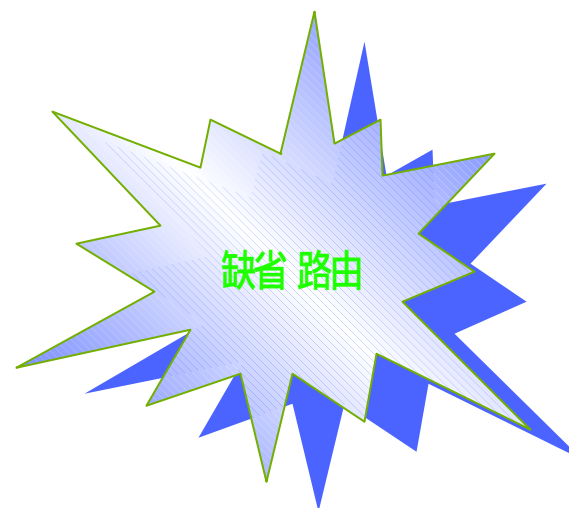
→ 手工配置

💧 动态路由

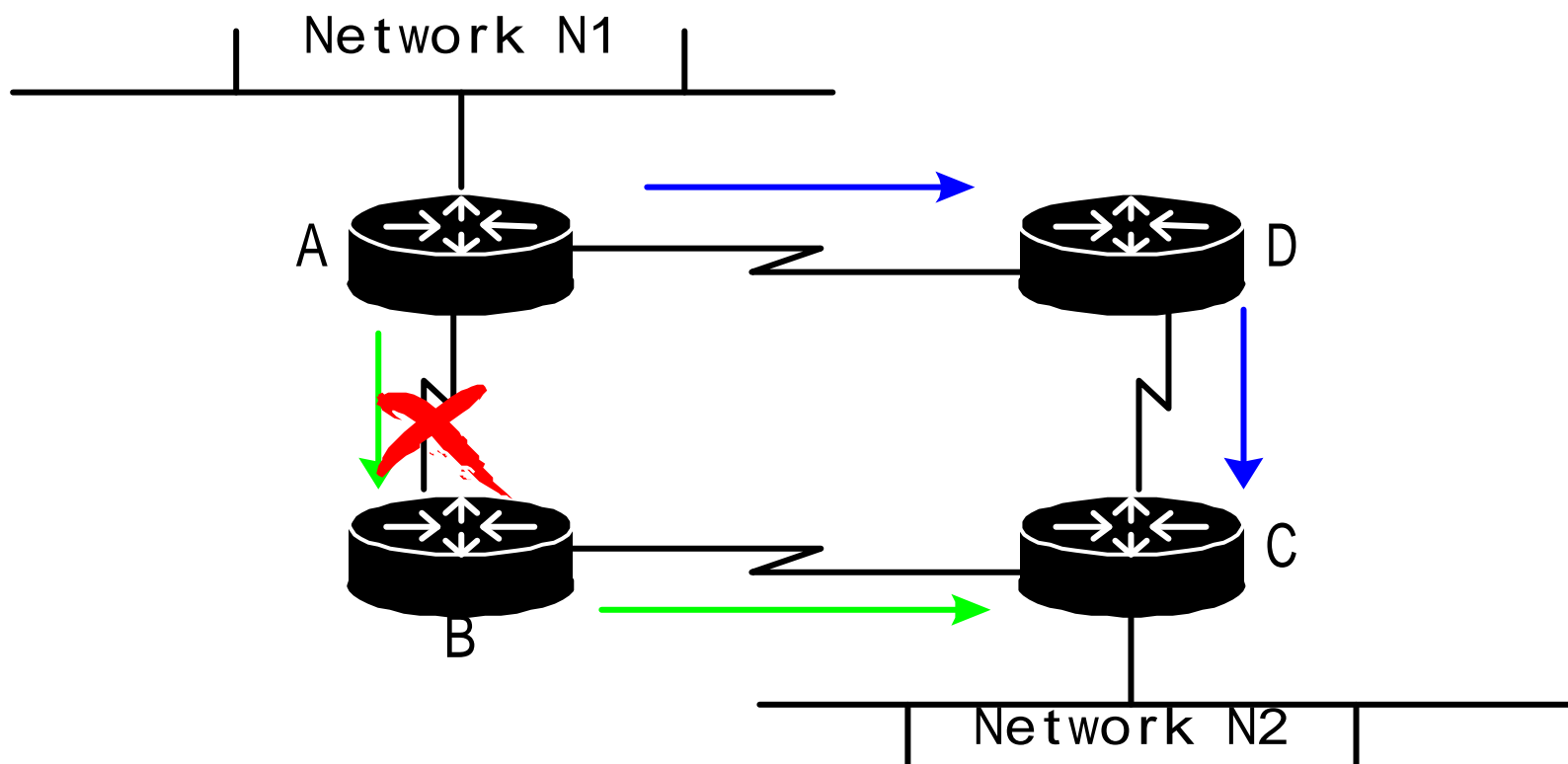
→ 通过路由协议学习到

💧 直连路由

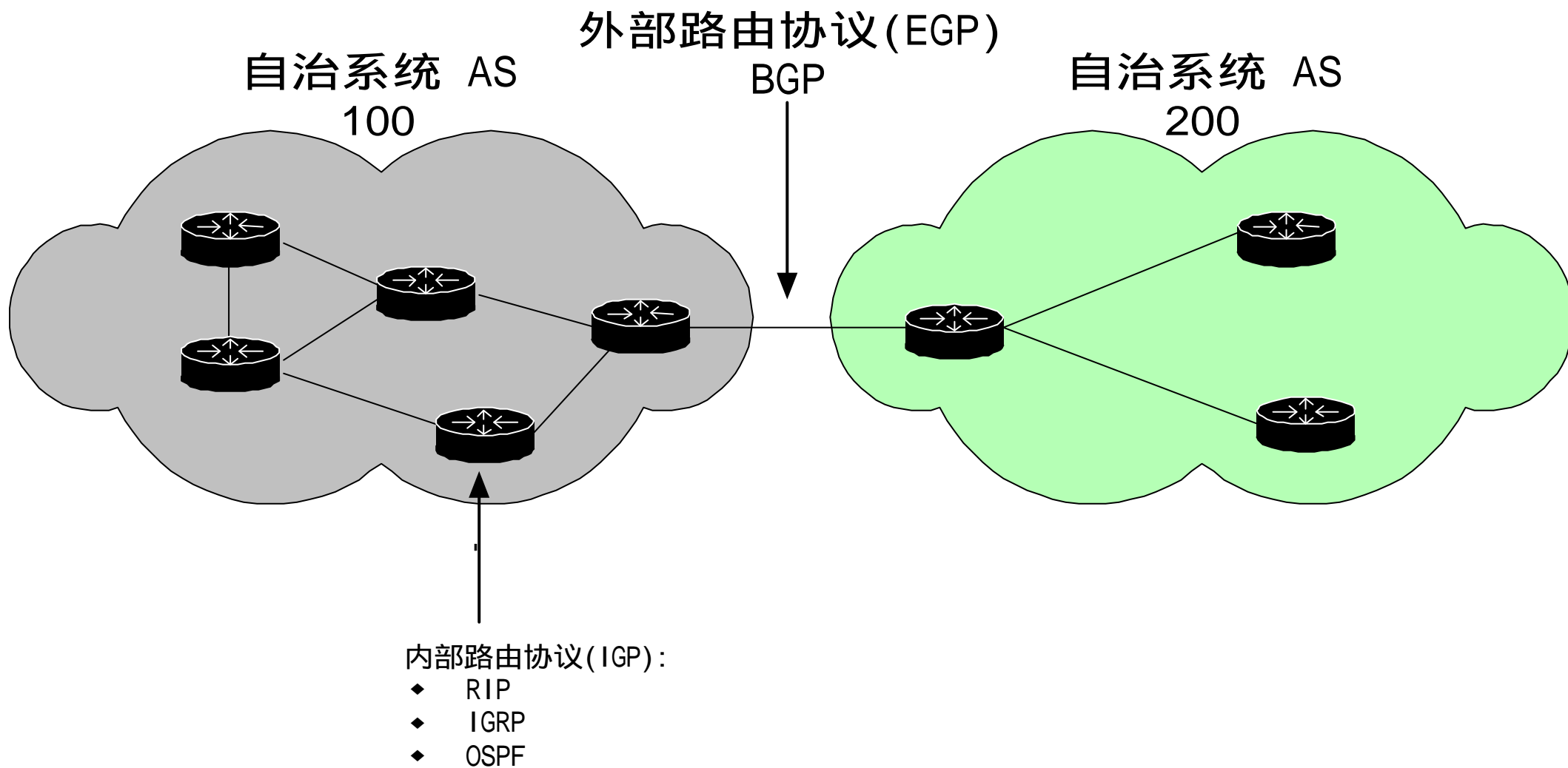
→ 系统自动生成



动态——网络拓扑变化



IGP & EGP



路由的格式

包括两大部分

- 目的地址（IP网段+掩码）
- 下一跳（IP地址或者具体的出端口）
- 例：125.67.8.0 255.255.255.0 56.6.7.1
125.67.8.0 255.255.255.0 Serial 2/0/0

缺省路由（默认路由）

- 目的地址全0
- 例：0.0.0.0 0.0.0.0 56.6.7.1
0.0.0.0 0.0.0.0 Serial 2/0/0

最长匹配


→ 精确匹配

→ 125.67.8.0 255.255.255.0 Serial 2/0/0

125.67.8.16 255.255.255.240 Serial 2/0/1

数据包目的地址: 125.67.8.20

→ 从Serial 2/0/1 端口转发出去



两条路由都匹配，选哪一条？

网络分层体系结构

应用、传输层

物理、数据链路层

网络层——地址

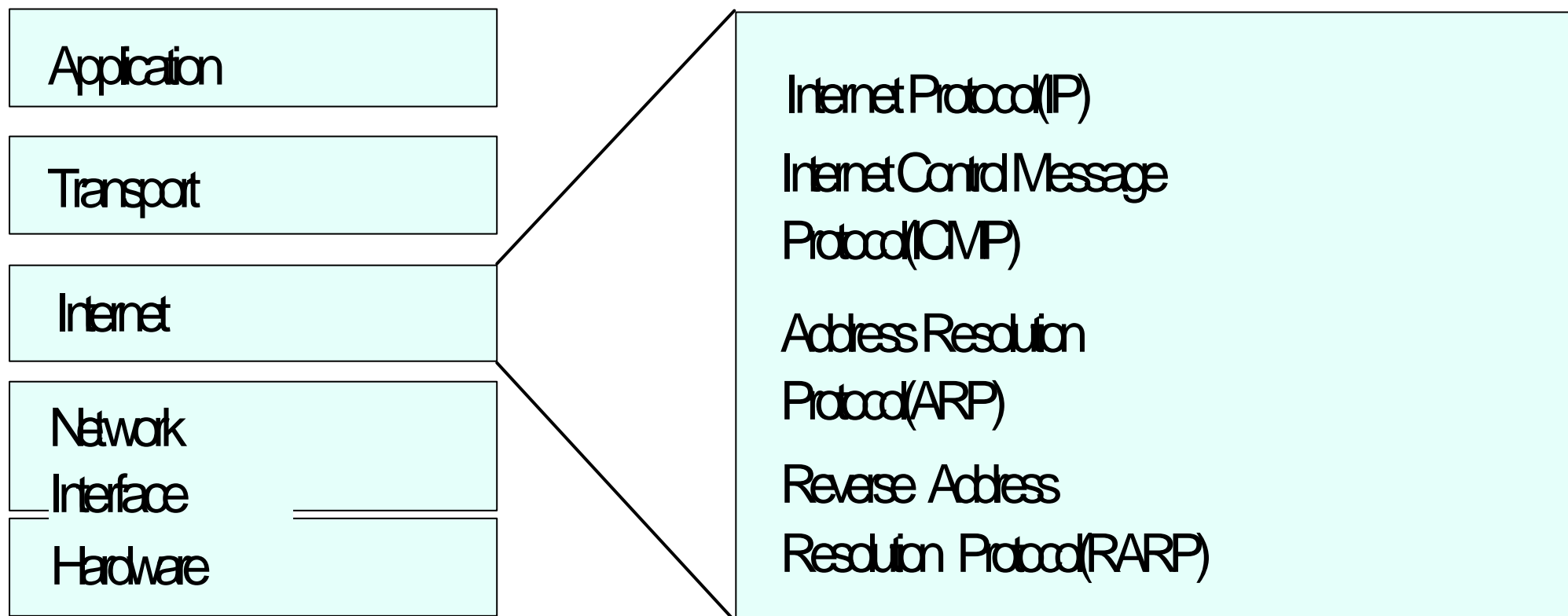
网络层——路由



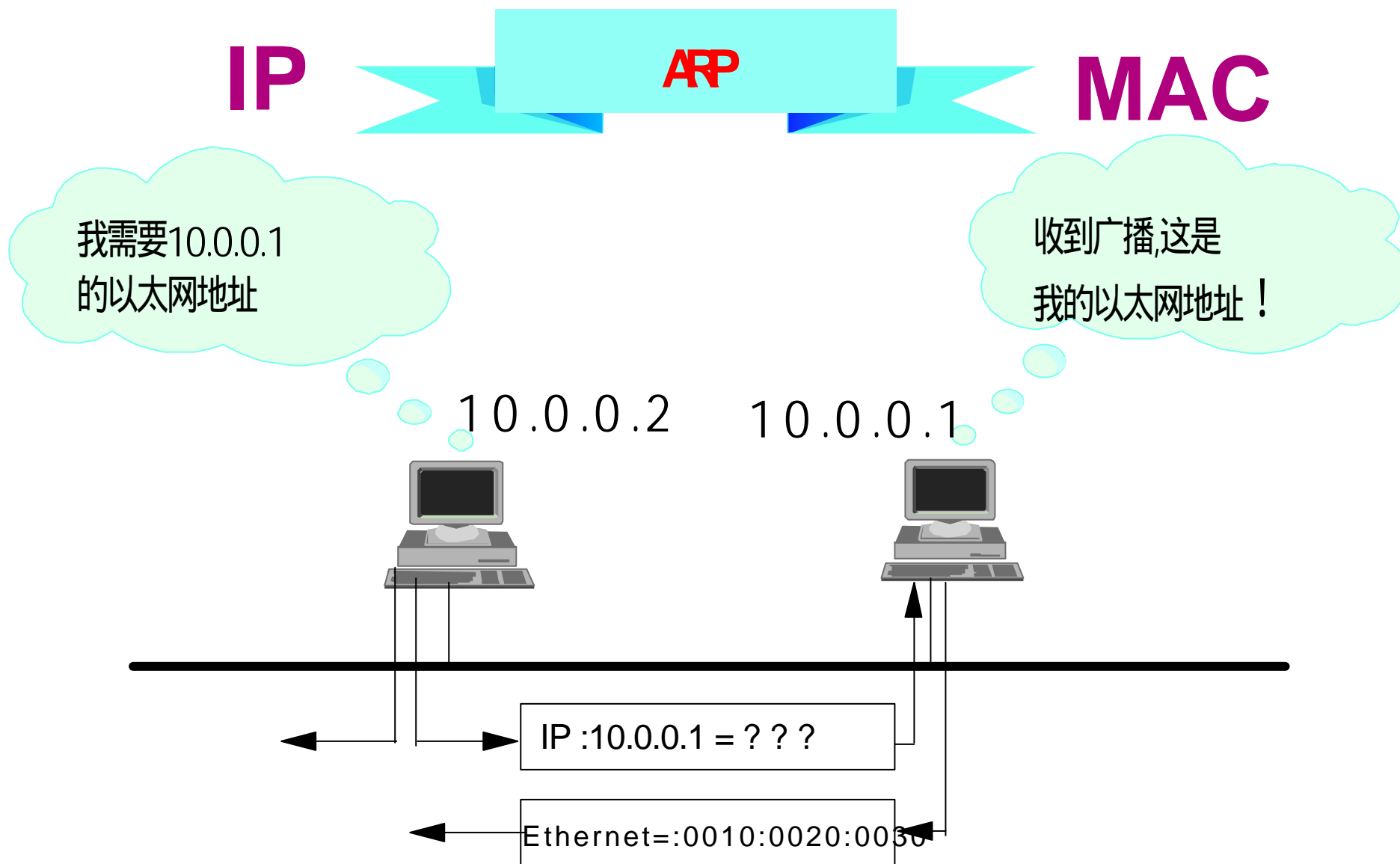
网络层应用协议



网络层应用协议



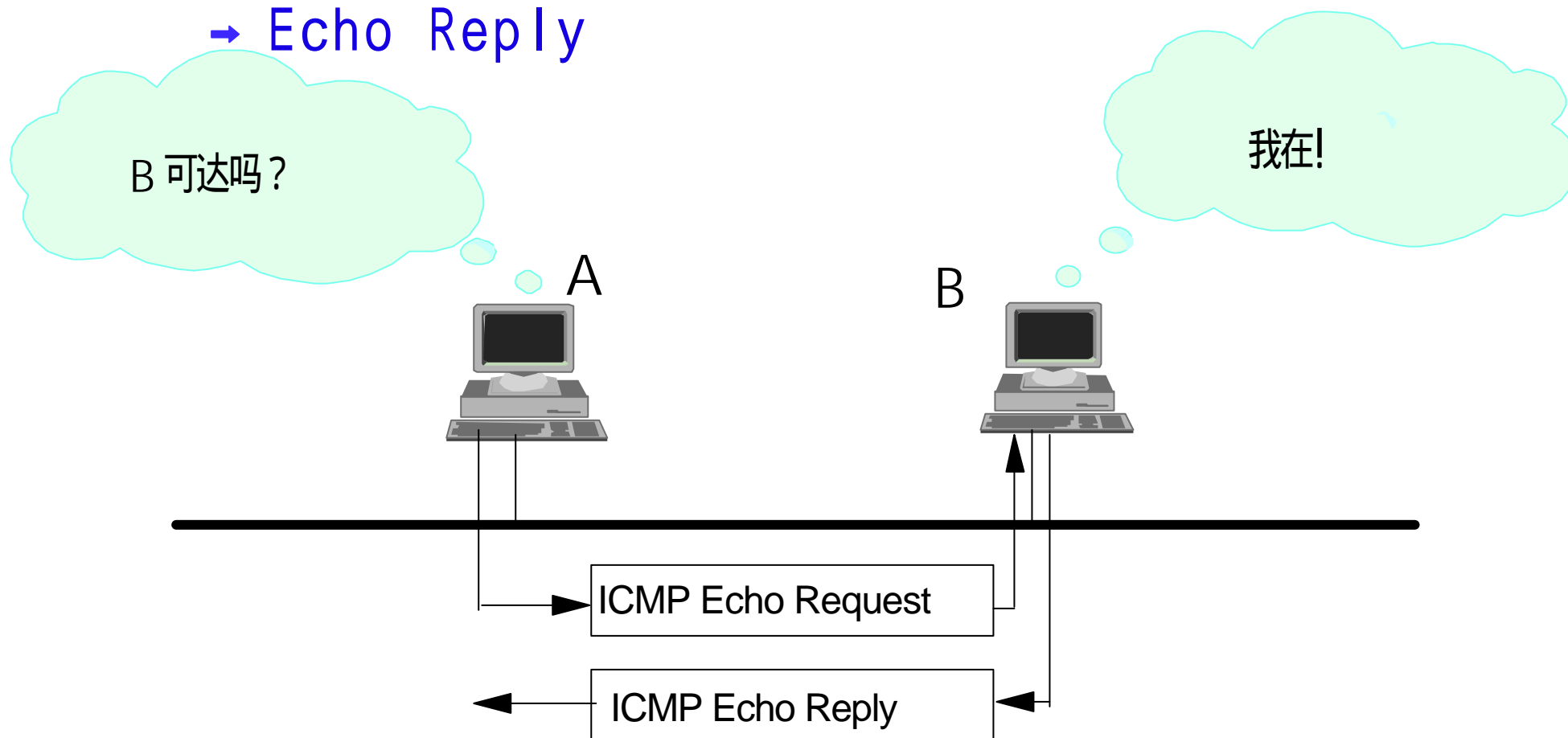
地址解析协议ARP



PING (一)

💧 ICMP

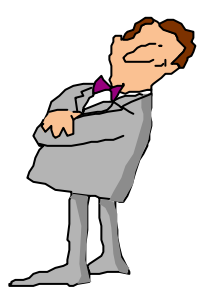
- Echo Request
- Echo Reply



PING (二)

双向的过程

- Echo Request报文送过去
- Echo Reply报文送回来

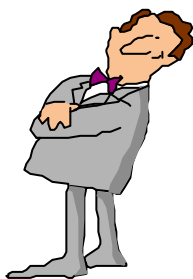


报文是过不去，还是回不来？

PING (三)

两个方向独立寻路

- 为Echo Request报文寻找路由
- 为Echo Reply报文寻找路由



是不是没有过去/回来
的路由？

PING（四）



寻路的根据——目的地址

- Echo Request报文的目的地地址
- Echo Reply报文的目的地地址
- 两个报文地址的对应关系

哦，原来没有对应地址的路由。

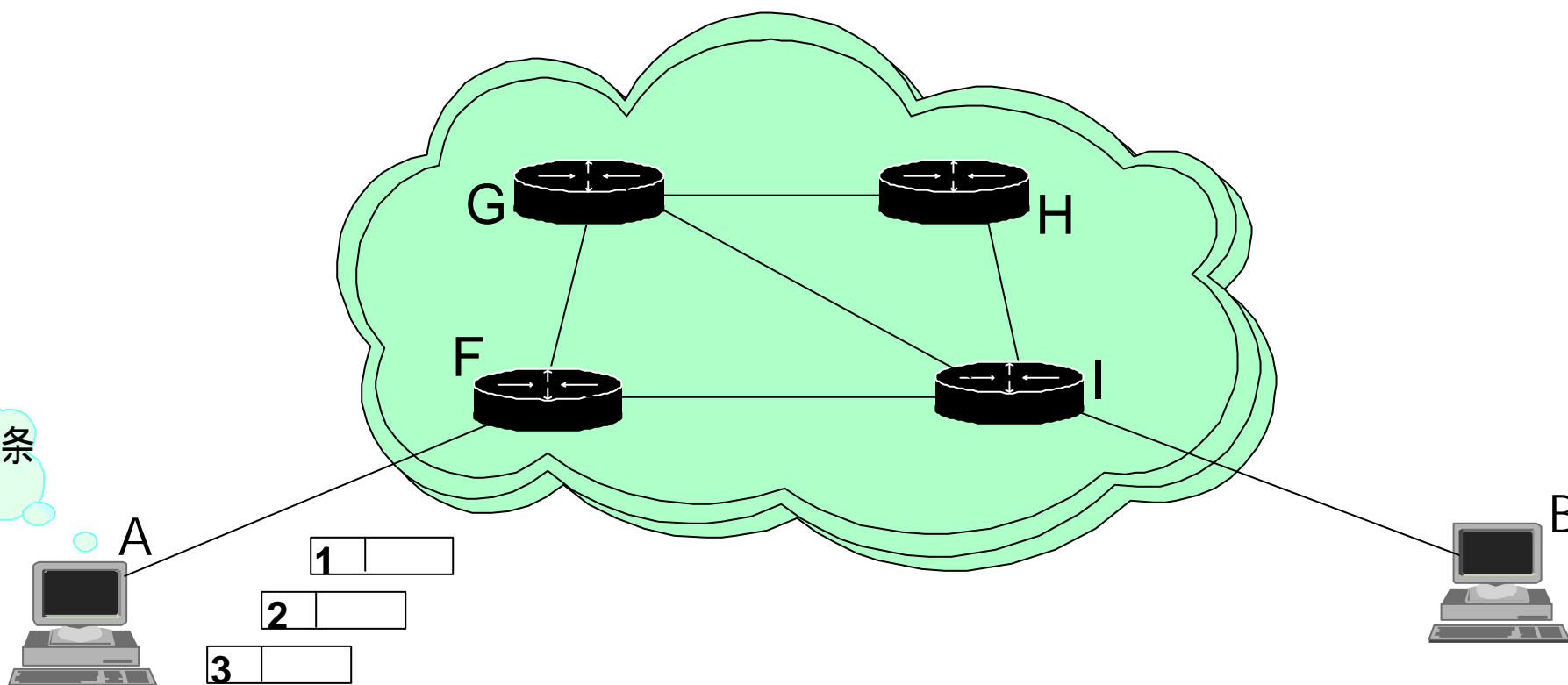


Tracert

💧 IP报头TTL字段

💧 ICMP

到B走的是哪条路





假设一台PC机A，其网卡的IP地址为a1.a2.a3.a4，掩码为m1.m2.m3.m4。从A Ping设备B，B的地址为b1.b2.b3.b4，则：

1、在掩码m1.m2.m3.m4下，b1.b2.b3.b4与a1.a2.a3.a4是不是属于同一个子网？

1.1、如果是的话，A查找自己的ARP表，看有没有B的MAC地址？

1.1.1、有B的MAC地址，直接通信；

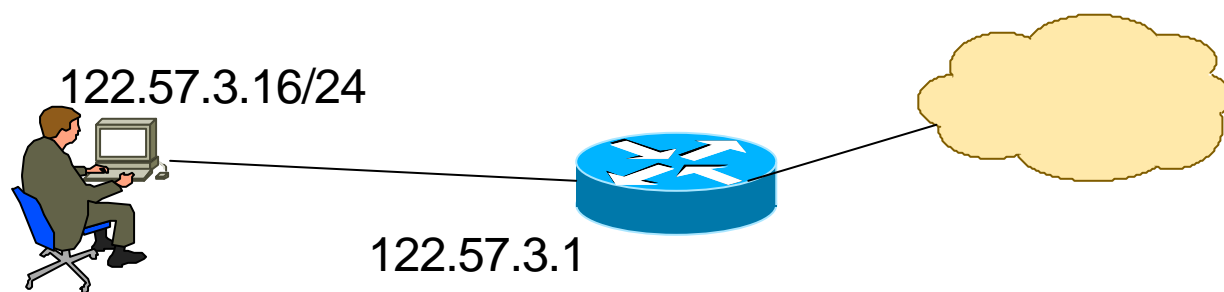
1.1.2 没有，A向外广播ARP请求报文，解析B的MAC地址；

1.2、如果不是的话，A查找网关的IP地址，将数据包直接发给网关。数据包如何被进一步转发给B，由网关负责。

综合举例（续）

💧 网关

- 主机的网络出口
- 一般情况下**必须配置**
- 网关的地址必须和本机在同一个子网
- 主机配置网关相当于给主机配置一条缺省路由



哦，刚才不通是
没有配置网关



谢

谢!