

剧情回放

- 1. internet和Internet的区别**
- 2. 为什么说互联网是网络的网络**
- 3. 互联网可划分为哪两部分，各有什么特点和功能**
- 4. 边缘部分的端系统有哪些工作方式，各自优缺点**
- 5. 传统电话电路、电报和计算机网络的工作方式**
- 6. 路由器的工作原理**
- 7. 什么是分组交换**
- 8. 相对于传统电话电路，分组交换的优缺点**

1.4 计算机网络在我国的发展

1989年我国第一个公用分组交换网**CNPAC**

1994年我国正式接入互联网

规模最大的公用计算机网络包括：

(1) 中国电信互联网**CHINANET**

(2) 中国联通互联网**UNINET**

(3) 中国移动互联网**CMNET**

(4) 中国教育和科研计算机网**CERNET**

(5) 中国科学技术网**CSTNET**

1.4 计算机网络在我国的发展

截止2021年6月底中国网民规模破十亿，达10.11亿人，较截止2020年12月底增加了0.22亿人，庞大的网民规模为推动我国经济高质量发展提供强大内生动力，加速我国数字新基建建设、打通国内大循环、促进数字政府服务水平提升。

大事记：

1996年爱特信公司（搜狐）

1997年网易公司

1998年新浪网站

1999年OICQ（QQ）、阿里巴巴

2000年百度

2003年淘宝

2011年微信

2016年抖音

...

1.5 计算机网络的分类

□ 计算机网络的不同定义

- **最简单的定义**：计算机网络是一些互相连接的、自治的计算机的集合。
- **较好的定义**：计算机网络主要是由一些通用的、**可编程的硬件**互联而成，而这些硬件并非专门用来实现某一特定目的。

□ 几种不同的类别的网络

- 不同作用范围的网络
 - **从网络的使用者进行分类**
 - 按拓扑结构分类
-

2. 几种不同类别的网络

□ 不同作用范围的网络

- 广域网 WAN (Wide Area Network)
- 城域网 MAN (Metropolitan Area Network)
- 局域网 LAN (Local Area Network)
- 个人区域网 PAN (Personal Area Network)

-
- 从网络的使用者进行分类
 - 公用网 (public network)
 - 专用网 (private network)

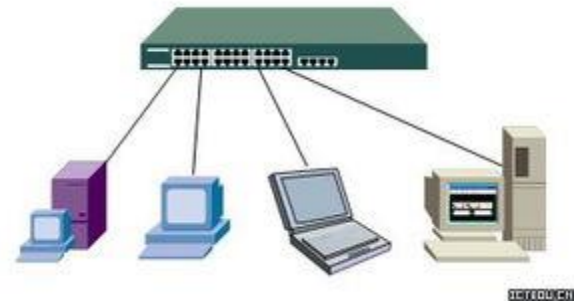
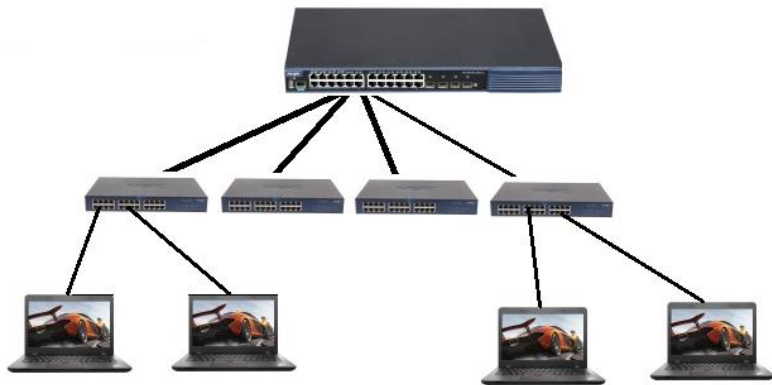
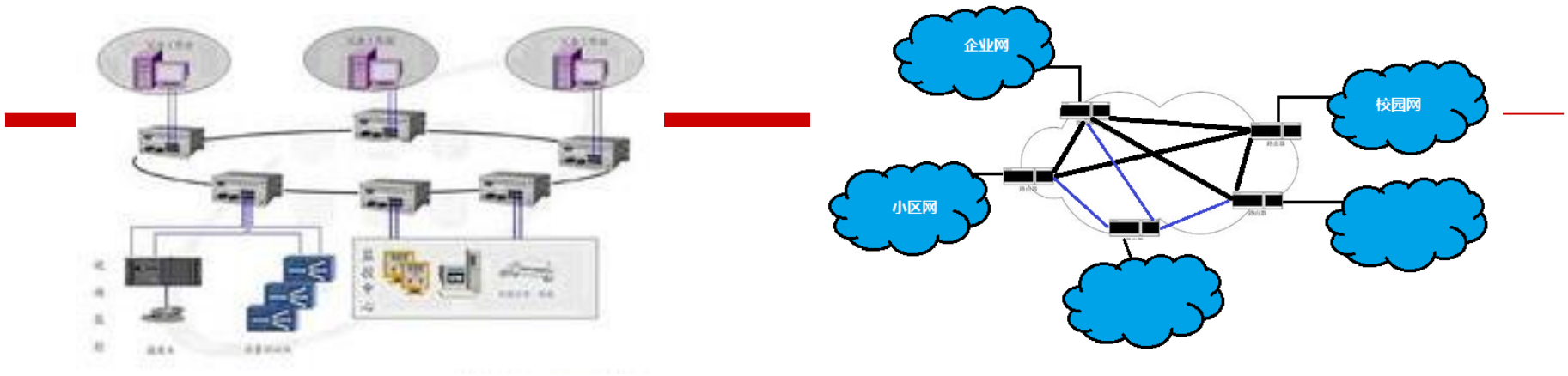
拓扑结构

□ 计算机网络的拓扑结构

- 是引用拓扑学中研究与大小、形状无关的点、线关系的方法，把网络中的计算机和通信设备抽象为一个点，把传输介质抽象为一条线，由点和线组成的几何图形就是计算机网络的拓扑结构。

□ 常见拓扑结构

- 星形、树形
- 环形
- 网状
- 混合型、蜂窝



把用户接入到互联网的网络

- **接入网 AN (Access Network)**，它又称为本地接入网或居民接入网。
- 由 **ISP** 提供的接入网只是起到让用户能够与互联网连接的“桥梁”作用。

1.6 计算机网络的性能指标

1. 速率

- **比特 (bit)** 是计算机中数据量的单位，也是信息论中使用的信息量的单位。
- **Bit** 来源于 **binary digit**，是一个“**二进制数字**”，一个比特就是二进制数字中的一个 **1** 或 **0**。
- **速率即数据率 (data rate) 或比特率 (bit rate)**，是计算机网络中最重要的一個性能指标。速率的单位是 **b/s (bit per second)**，或 **kb/s, Mb/s, Gb/s** 等
- 速率往往是指**额定速率**或**标称速率**。

2. 带宽

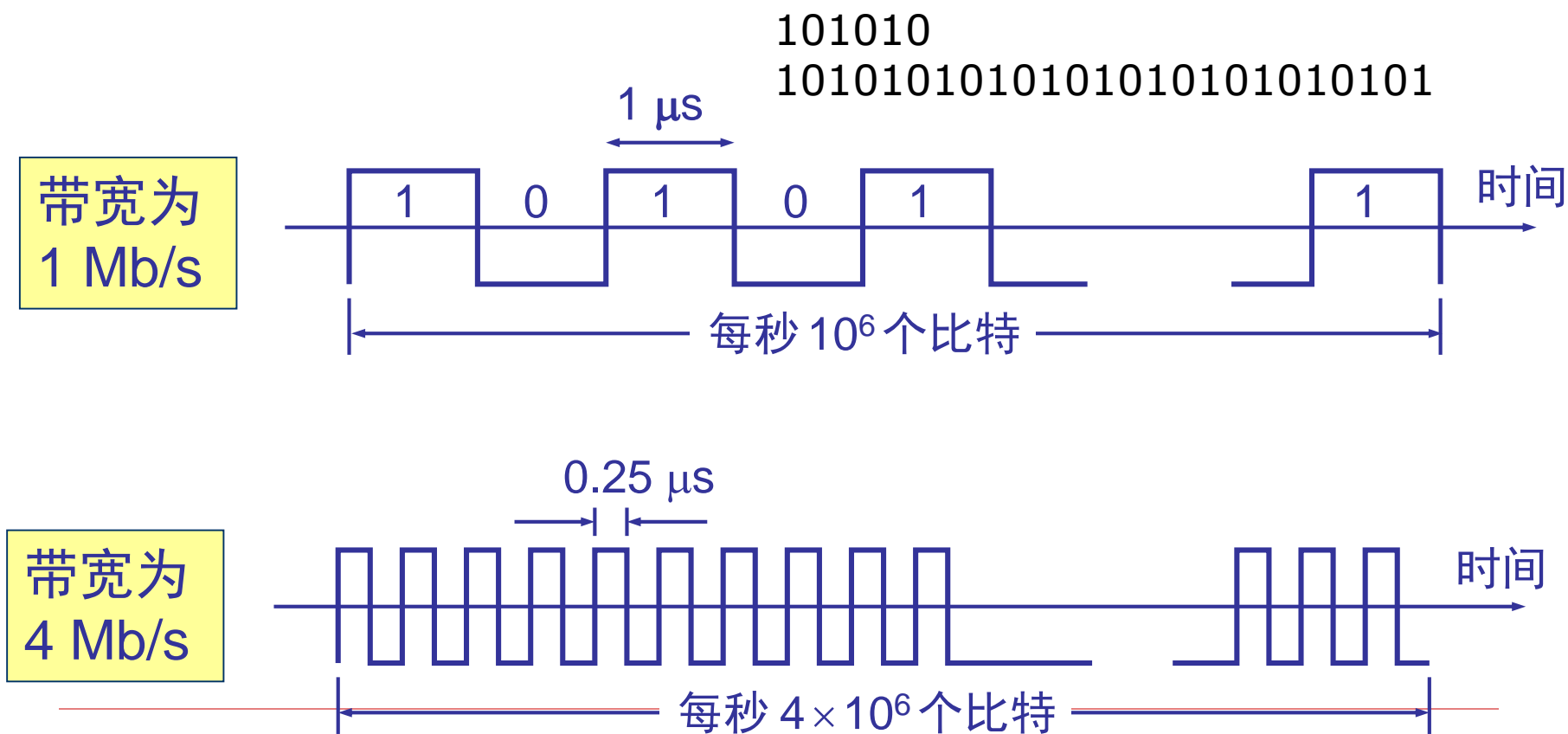
- “**带宽**” (**bandwidth**)本来是指信号具有的频带宽度，单位是赫（或千赫、兆赫、吉赫等）。
- 现在“带宽”是数字信道所能传送的“**最高数据率**”的同义语，单位是“**比特每秒**”，或 **b/s (bit/s)**。

常用的带宽单位

- 更常用的带宽单位是
 - 千比每秒，即 Kb/s (10^3 b/s)
 - 兆比每秒，即 Mb/s (10^6 b/s)
 - 吉比每秒，即 Gb/s (10^9 b/s)
 - 太比每秒，即 Tb/s (10^{12} b/s)
- 请注意：在计算机软件界，
 $K = 2^{10} = 1024$
 $M = 2^{20}, G = 2^{30}, T = 2^{40}$ 。

数字信号流随时间的变化

□ 在时间轴上信号的宽度随带宽的增大而变窄。



3. 吞吐量

- **吞吐量(throughput)**表示在单位时间内通过某个网络（或信道、接口）的数据量。
- 吞吐量经常地被用于对现实世界中的网络的一种测量，以便知道实际上到底有多少数据量能够通过网络。
- 吞吐量受网络的带宽或网络的额定速率的限制。

4. 时延(delay 或 latency)

- **发送时延（传输时延）** 发送数据时，数据块从结点进入到传输媒体所需要的时间。
- 也就是从发送数据帧的第一个比特算起，到该帧的最后一个比特发送完毕所需的时间。（因为使用串行发送方式）

$$\text{发送时延} = \frac{\text{数据块长度（比特）}}{\text{发送速率（比特/秒）}}$$

时延(delay 或 latency)

- **传播时延** 电磁波在信道中需要传播一定的距离而花费的时间。
- **信号传输速率**（即发送速率）和信号在信道上的**传播速率**是完全不同的概念。

$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度（米）}}{\text{信号在信道上的传播速率（米/秒）}}$$

时延(delay 或 latency)

- **处理时延** 交换结点为存储转发而进行一些必要的处理所花费的时间。
- **排队时延** 结点缓存队列中分组**排队**所经历的时延。
 - 排队时延的长短往往取决于网络中**当时的通信量**。

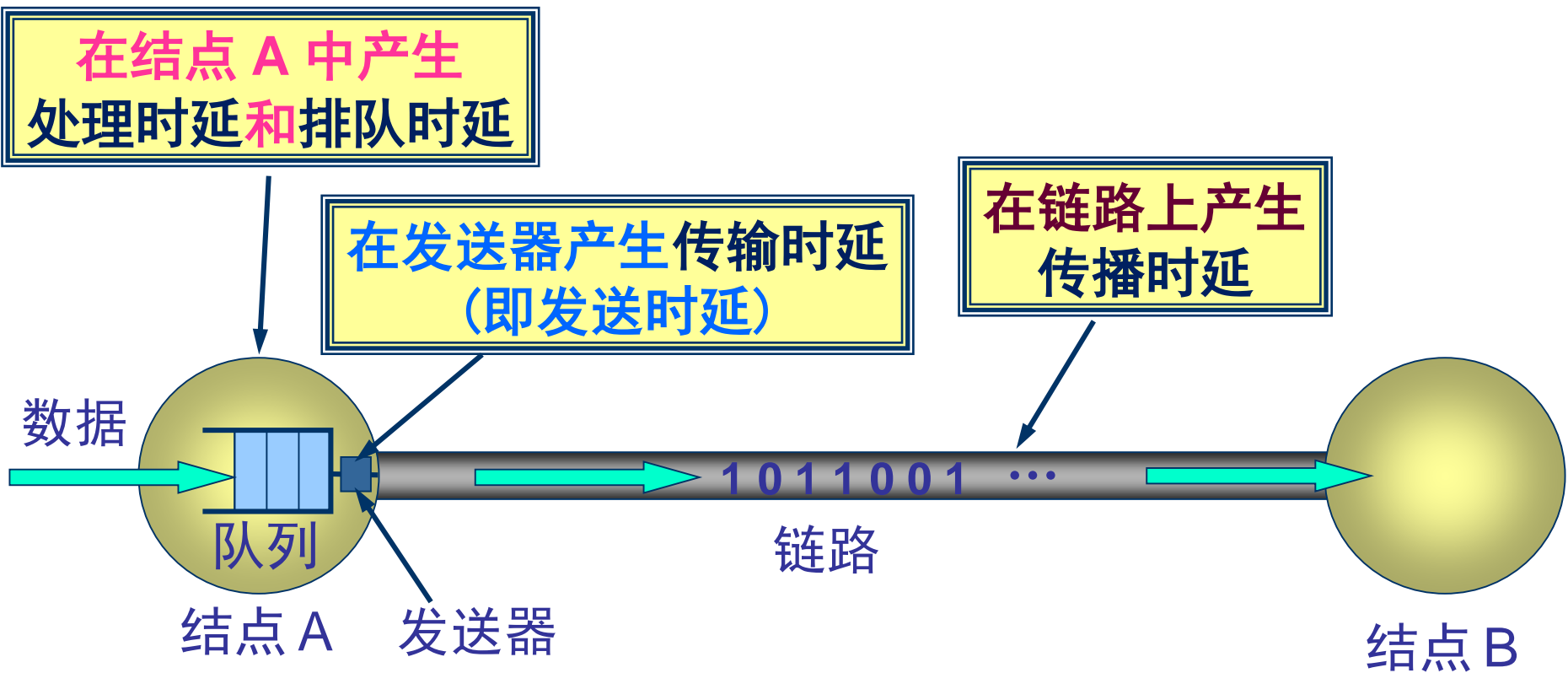
时延(delay 或 latency)

- 数据经历的总时延=发送时延、传播时延、处理时延和排队时延之和：

总时延 = 发送时延 + 传播时延 + 处理时延 + 排队时延

四种时延所产生的地方

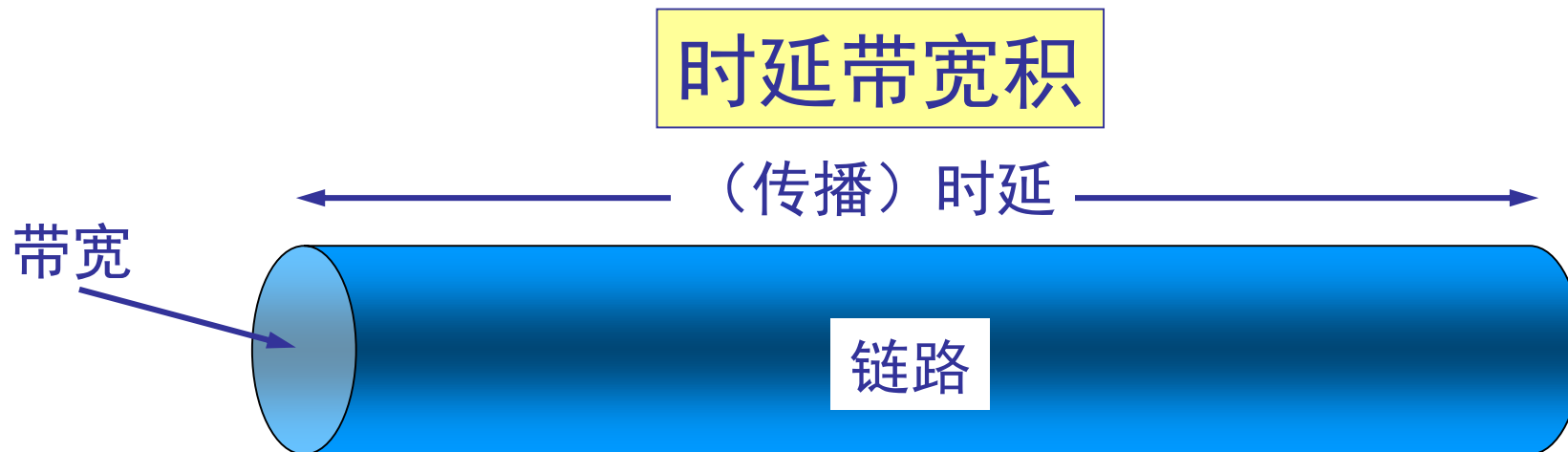
从结点 A 向结点 B 发送数据



容易产生的错误概念

- ❑ 带宽越宽，时延越小？
- ❑ 带宽越宽，传播速度越大？

5. 时延带宽积



$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽}$$

- 链路的时延带宽积又称为以比特为单位的链路长度。

6. 往返时间

- 往返时间 **Round Trip Time (RTT)**
- 与发送时延、传播时延、处理时延和排队时延都有关系
- **RTT**可以帮助我们考虑“如果发送端连续发送数据，接收端一接收到数据就立即发送确认，则当发送端接收到 确认时，有多少数据已经在路上了？”

7. 利用率

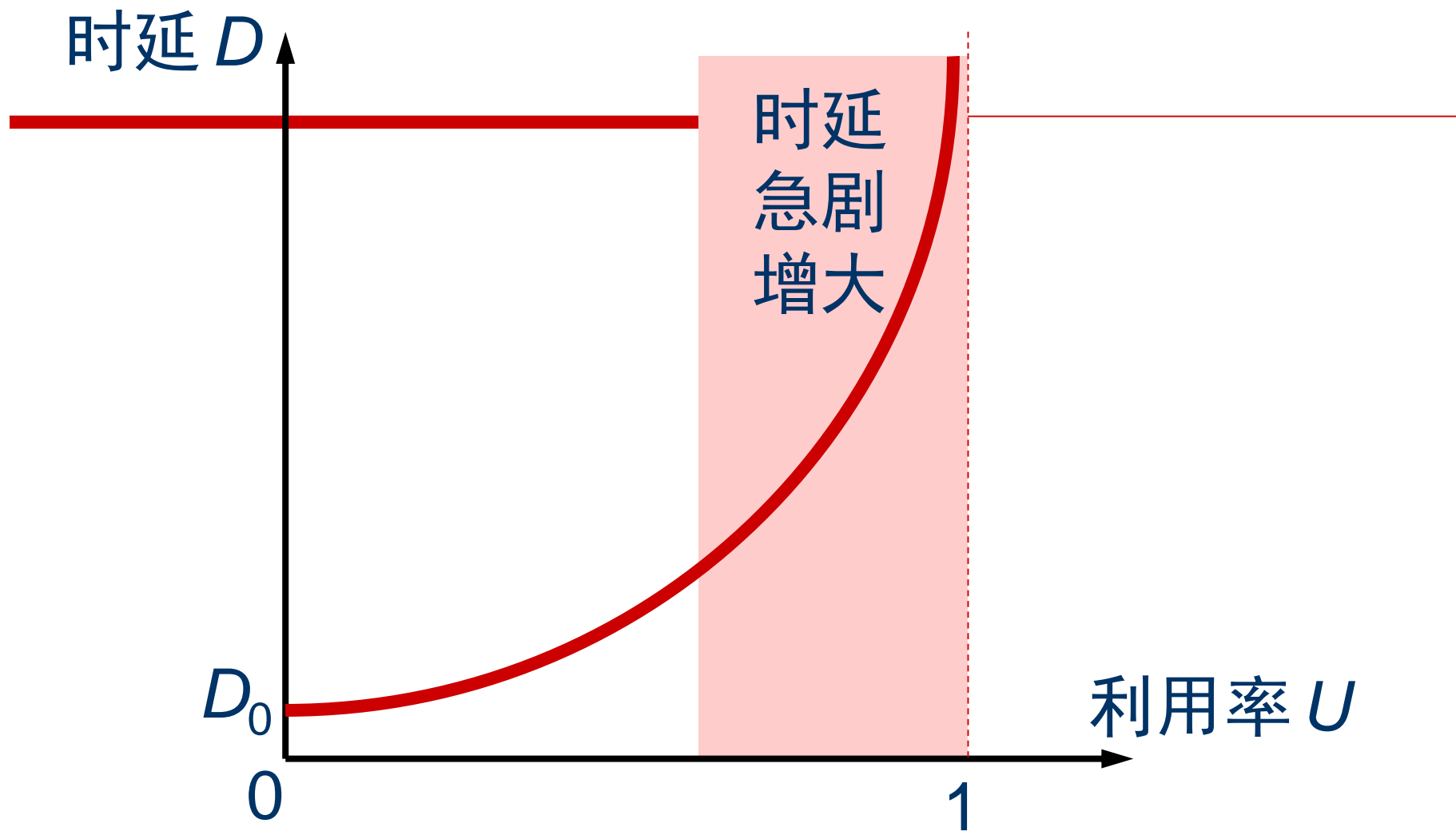
- **信道利用率**指出某信道有百分之几的时间是被利用的（有数据通过）。完全空闲的信道的利用率是零。
- **网络利用率**则是全网络的信道利用率的加权平均值。
- 信道利用率**并非**越高越好。

时延与网络利用率的关系

- 根据排队论的理论，当某信道的利用率增大时，该信道引起的时延也就迅速增加。
- 若令 D_0 表示网络空闲时的时延， D 表示网络当前的时延，则在适当的假定条件下，可以用下面的简单公式表示 D 和 D_0 之间的关系：

$$D = \frac{D_0}{1 - U}$$

U 是网络的利用率，数值在 0 到 1 之间。



2 计算机网络的非性能特征

- ☐ 费用
- ☐ 质量
- ☐ 标准化
- ☐ 可靠性
- ☐ 可扩展性和可升级性
- ☐ 易于管理和维护

练习题

1. 计算机网络中的“带宽”指的是 [单选题]

B

A. 指的是连接在计算机网络上的主机在数字信道上传送数据的速率，它也称为数据率或比特率。

B. 用来表示网络的通信线路传送数据的能力，在单位时间内从网络中的某一点到另一点所能通过的“最高数据率”。

C. 表示在单位时间内通过某个网络（或信道、接口）的数据量。

D. 指数据（一个报文或分组，甚至比特）从网络（或链路）的一端传送到另一端所需的时间。

2. PDU指的是 [单选题] *

C

A. 用户数据报

B. IP数据报

C. 协议数据单元

D. 分组

练习题

3. 关于网速的说法，以下正确的是？ [多选]

B、D

- A. “网络提速”指的是信号在网络上传播得更快了（更多的“米 / 秒”）。
- B. “网络提速”指的是网络的传输速率（更多的“比特 / 秒”）提高了。
- C. “传播” (propagation 或propagate)和“传输” (transmission 或transmit)具有相同的意思。
- D. 使用“速率”表示“比特 / 秒”时，指的是主机向链路（或 网络）发送比特的速率。
- E. 发送时延 = 传输时延 = 传播时延。
- F. 提高信道的速率是设法使比特并行地传输。

4. 网络的吞吐量与网络的时延有何关系？ *

B、C

- A. 吞吐量与时延是同一个概念。
- B. 吞吐量与时延密切相关。
- C. 当吞吐量进一步增加时，还可能产生网络的拥塞

1.7 计算机网络的体系结构

- 相互通信的两个计算机系统必须高度协调工作才行，而这种“协调”是相当复杂的。
- “分层”可将庞大而复杂的问题，转化为若干较小的局部问题，而这些较小的局部问题就比较易于研究和处理。

划分层次的必要性

- 计算机网络中的数据交换**必须遵守事先约定好的规则**。
- 这些**规则**明确规定了所交换的数据的格式以及有关的同步问题（同步含有时序的意思）。
- **网络协议(network protocol)**，简称为**协议**，是为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定。

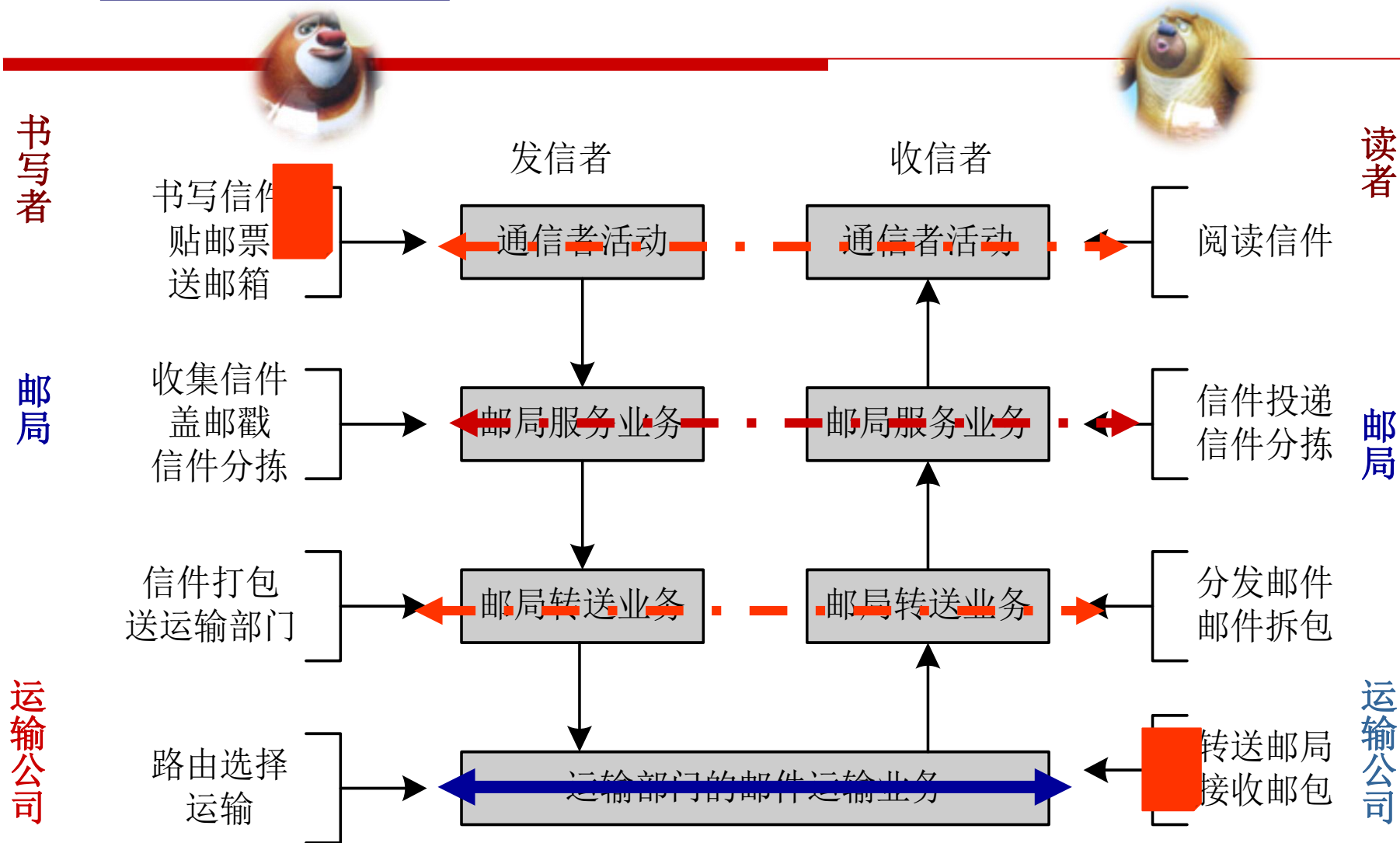
关于开放系统互连参考模型 OSI/RM

- 只要遵循 **OSI** 标准，一个系统就可以和位于世界上任何地方的、也遵循这同一标准的其他任何系统进行通信。
- 在市场化方面 **OSI** 却失败了。
 - OSI 的专家们在完成 OSI 标准时没有商业驱动力；
 - OSI 的协议实现起来过分复杂，且运行效率很低；
 - OSI 标准的制定周期太长，因而使得按 OSI 标准生产的设备无法及时进入市场；
 - OSI 的层次划分并也不太合理，有些功能在多个层次中重复出现。

两种国际标准

- ❑ 法律上的国际标准 **OSI** 并没有得到市场的认可。
- ❑ 是非国际标准 **TCP/IP** 现在获得了最广泛的应用。
 - **TCP/IP** 常被称为事实上的(*de facto*) 国际标准。

理解协议和层次-邮政系统的工作流程（对等工作关系）



分层的好处

- ❑ 各层之间是独立的。
- ❑ 灵活性好。
- ❑ 结构上可分割开。
- ❑ 易于实现和维护。
- ❑ 能促进标准化工作。

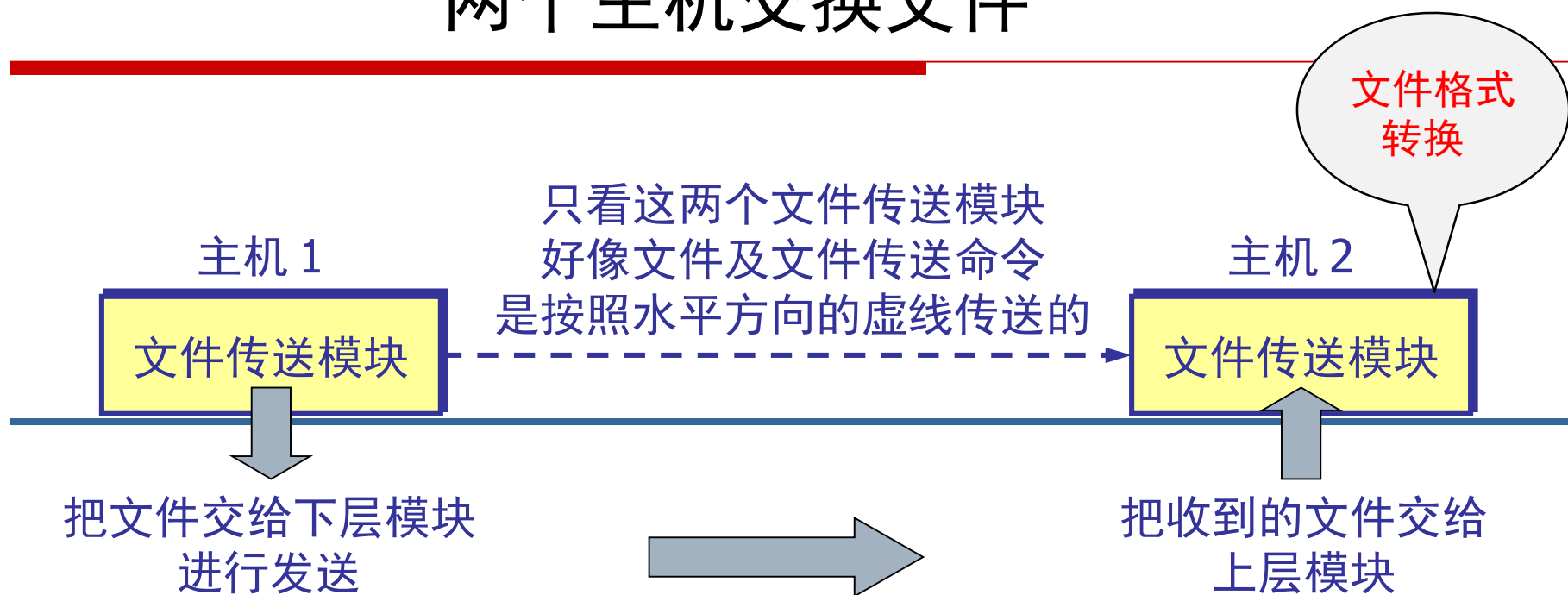
网络协议的组成要素

- **语法** 数据与控制信息的结构或格式 。
- **语义** 需要发出何种控制信息，完成何种动作以及做出何种响应。
- **同步** 事件实现顺序的详细说明。

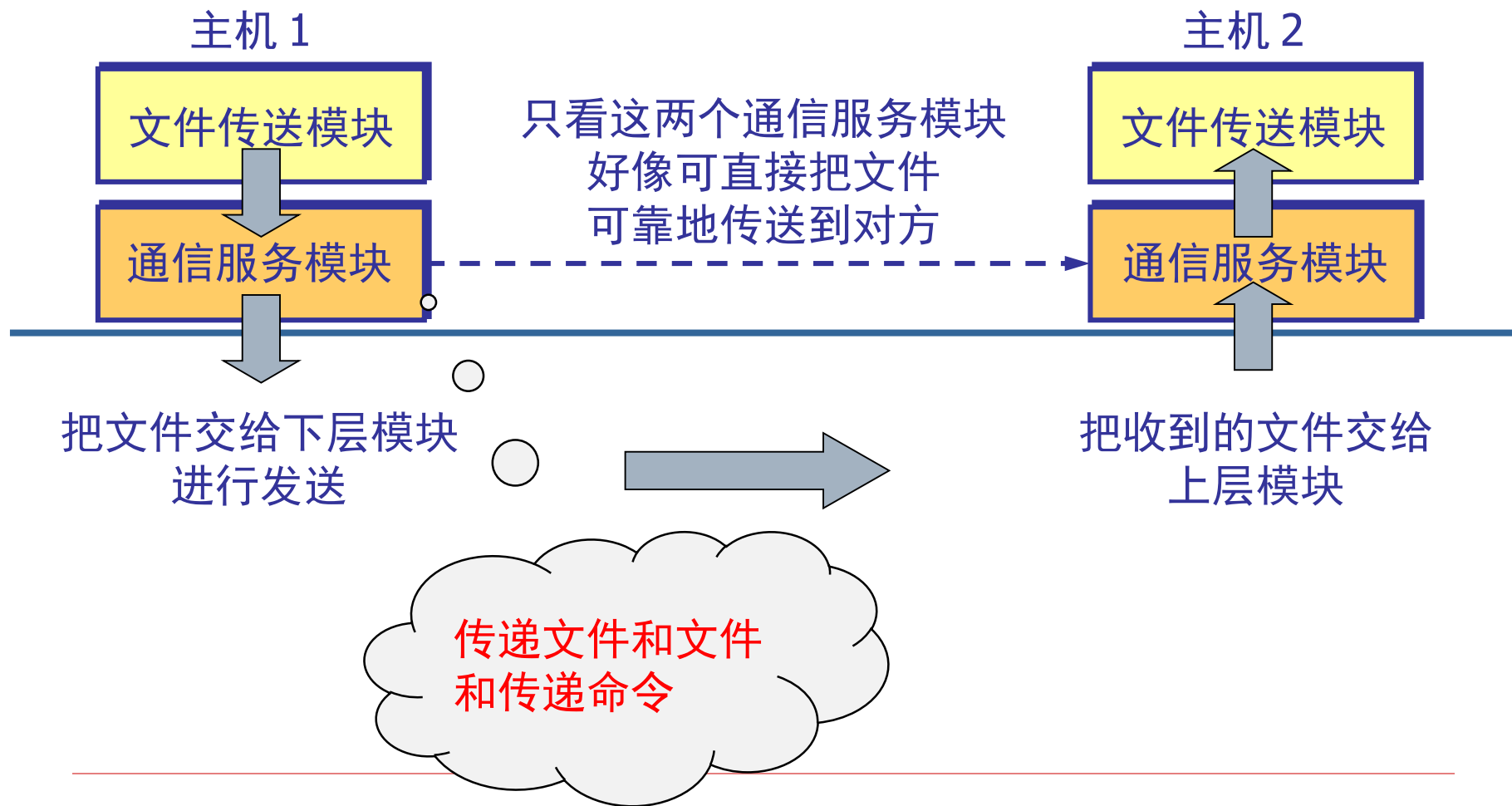
划分层次的概念举例

- 主机 **1** 向主机 **2** 通过网络发送文件。
- 可以将要做的工作进行如下的划分。
- 第一类工作与传送文件直接有关。
 - 确信对方已做好接收和存储文件的准备。
 - 双方协调好一致的文件格式。
- 两个主机将文件传送模块作为最高的一层。
剩下的工作由下面的模块负责。

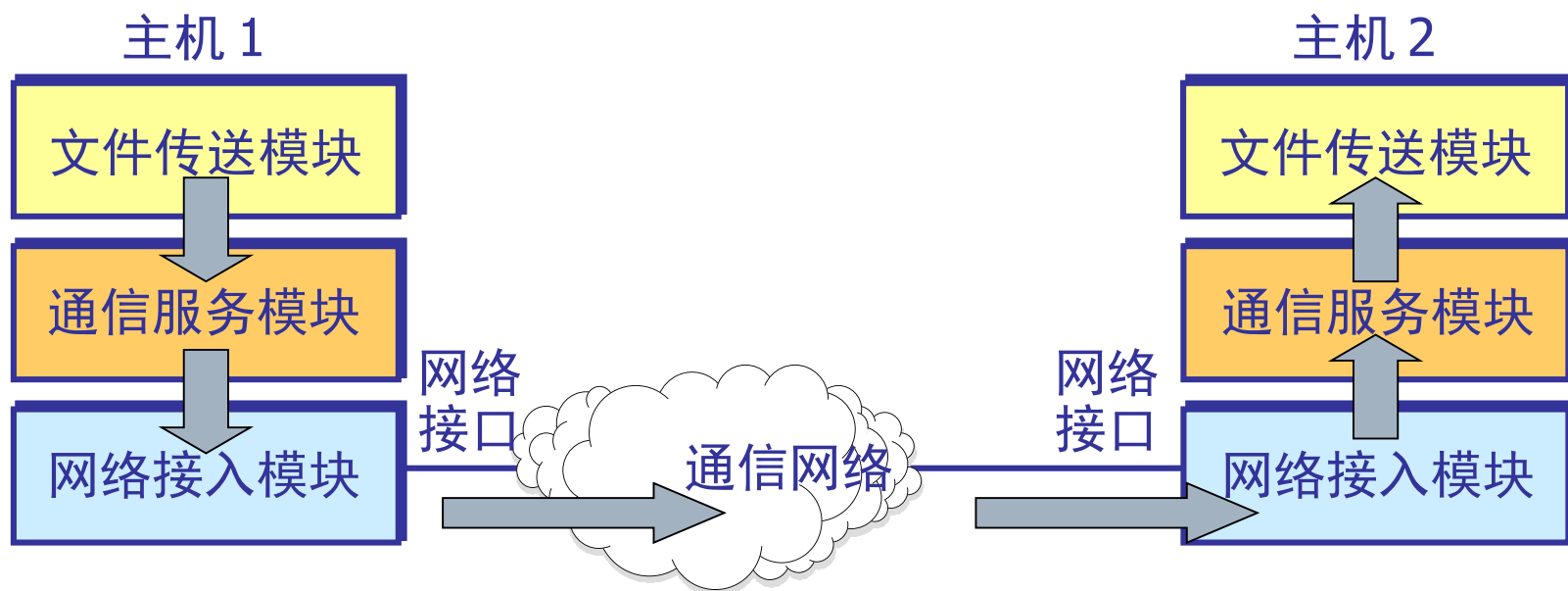
两个主机交换文件



再设计一个通信服务模块



再设计一个网络接入模块（重要，理解）



网络接入模块负责做与网络接口细节有关的工作
例如，规定传输的帧格式，帧的最大长度等。

层数的划分

- 若层数太少，就会使每一层的协议太复杂。
- 层数太多又会在描述和综合各层功能的系统工程任务时遇到较多的困难。

各层基本功能

- ❑ 差错控制
- ❑ 流量控制
- ❑ 分段和重装
- ❑ 复用和分用
- ❑ 建立连接和释放

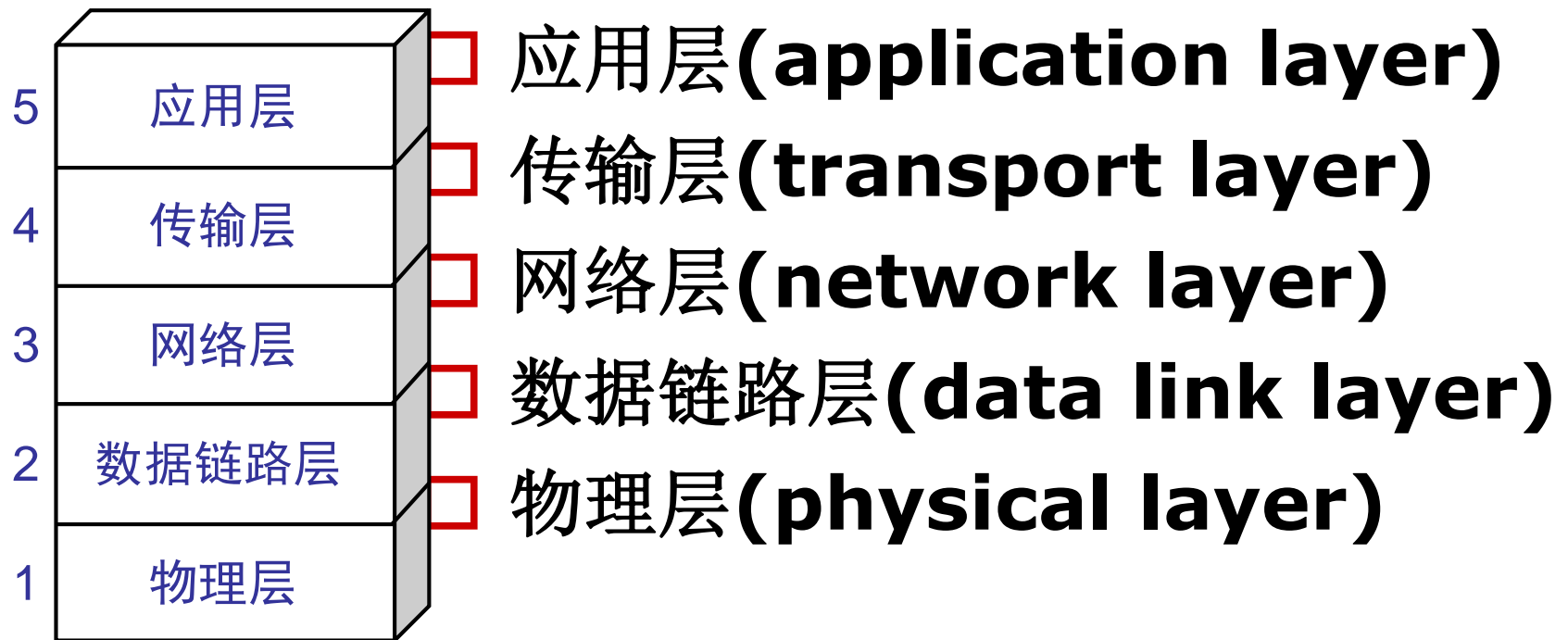
计算机网络的体系结构

- ❑ 计算机网络的**体系结构(architecture)**是计算机网络的各层及其协议的集合。
- ❑ 体系结构就是这个计算机网络及其部件所应完成的功能的**精确定义**。
- ❑ **实现(implementation)**是遵循这种体系结构的前提下用何种硬件或软件完成这些功能的问题。
- ❑ 体系结构是抽象的，而实现则是具体的，是真正在运行的计算机硬件和软件。

3 具有五层协议的体系结构

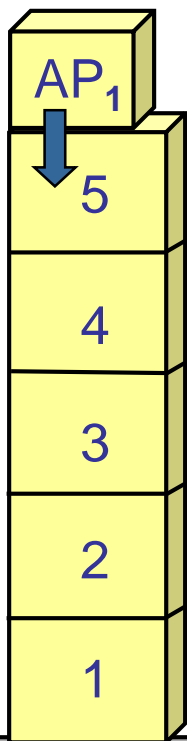
- **TCP/IP** 是四层的体系结构：应用层、运输层、网际层和网络接口层。
- 但最下面的网络接口层并没有具体内容。
- 因此往往采取折中的办法，即综合 **OSI** 和 **TCP/IP** 的优点，采用一种只有五层协议的体系结构。

五层协议的体系结构



主机 1 向主机 2 发送数据

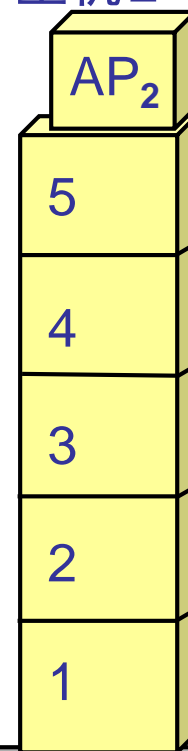
主机 1



应用进程数据先传送到应用层

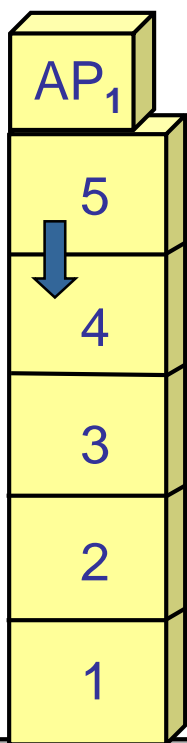
加上应用层首部，成为应用层 PDU

主机 2



主机 1 向主机 2 发送数据

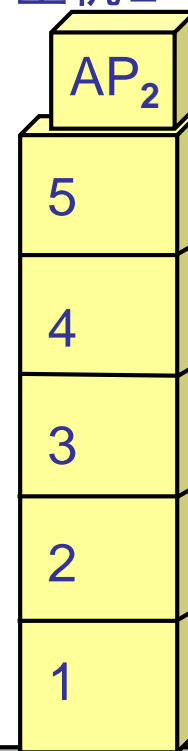
主机 1



应用层 PDU 再传送到运输层

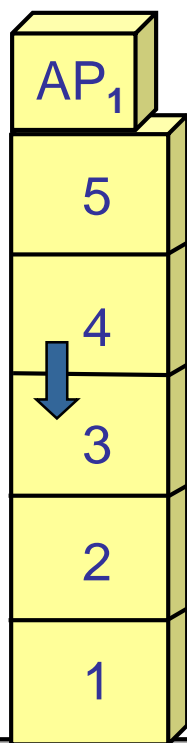
加上运输层首部，成为运输层报文

主机 2



主机 1 向主机 2 发送数据

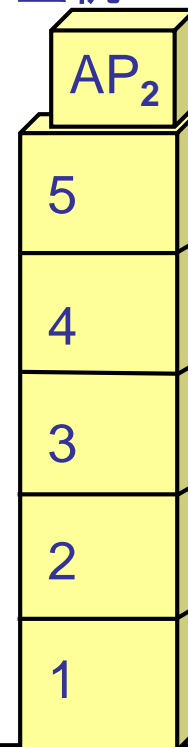
主机 1



运输层报文再传送到网络层

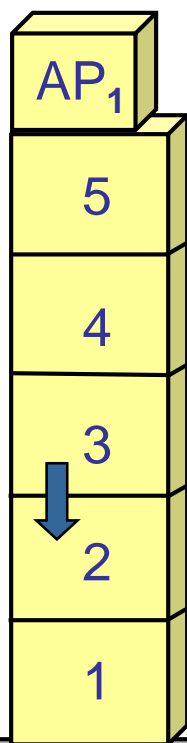
加上网络层首部，成为 IP 数据报（或分组）

主机 2



主机 1 向主机 2 发送数据

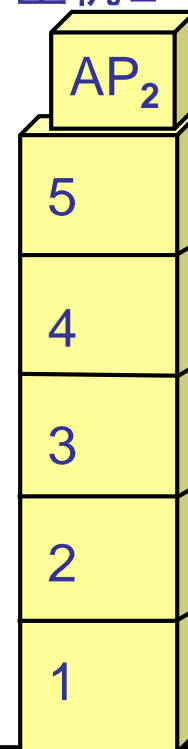
主机 1



IP 数据报再传送到数据链路层

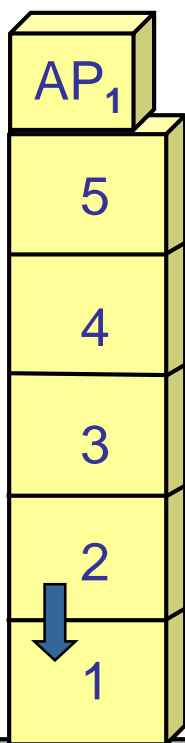
加上链路层首部和尾部，成为数据链路层帧

主机 2



主机 1 向主机 2 发送数据

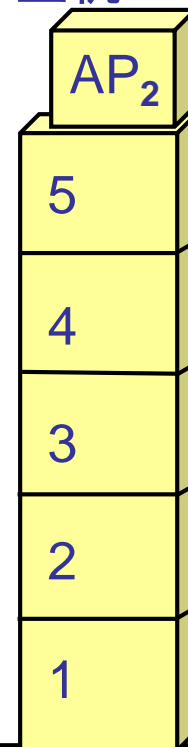
主机 1



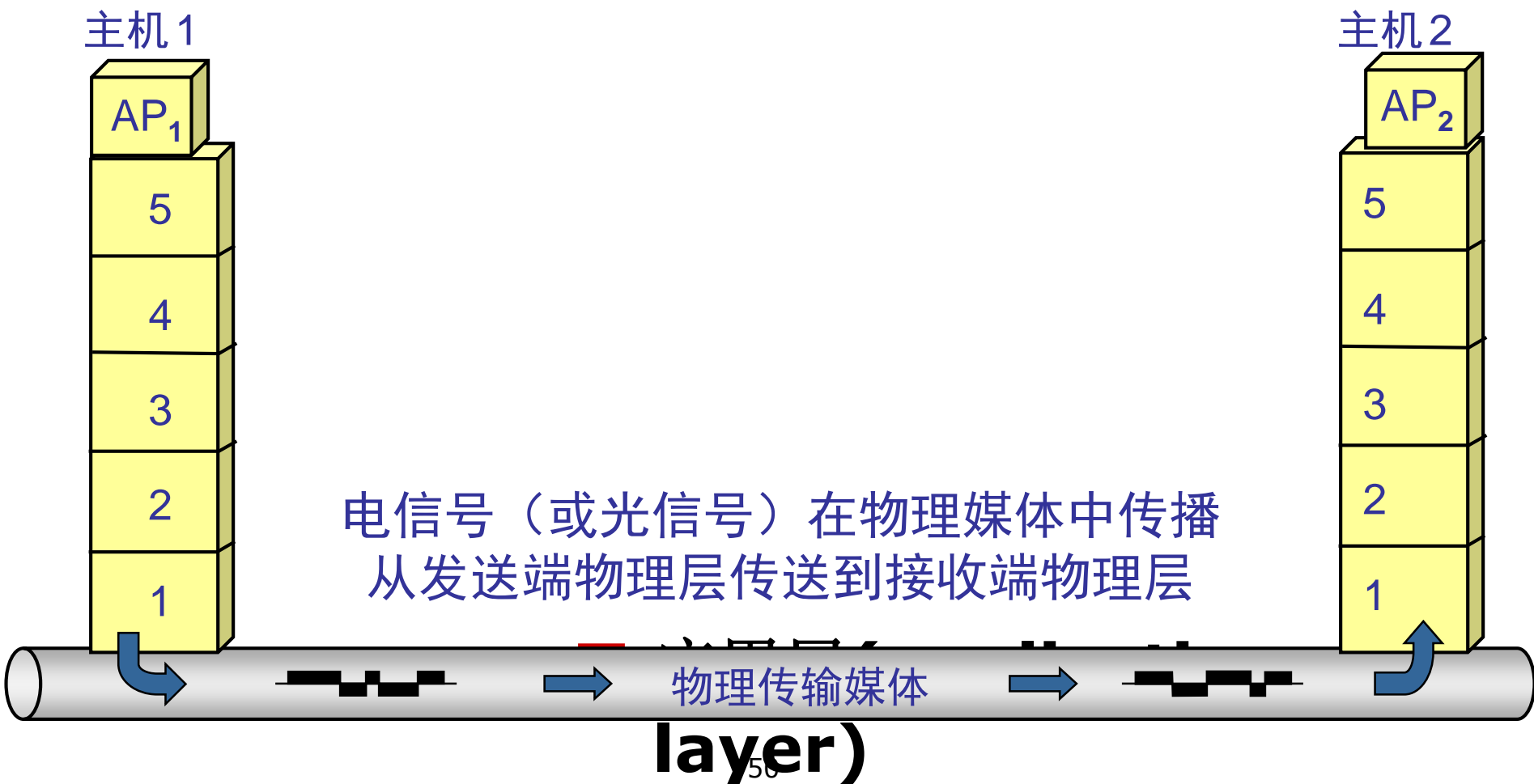
数据链路层帧再传送到物理层

最下面的物理层把比特流传送到物理媒体

主机 2

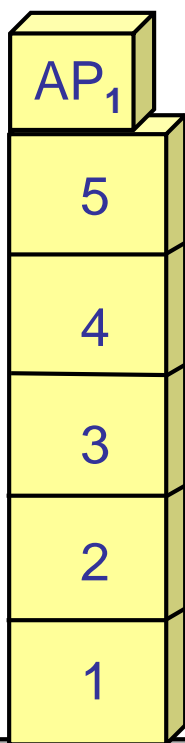


主机 1 向主机 2 发送数据

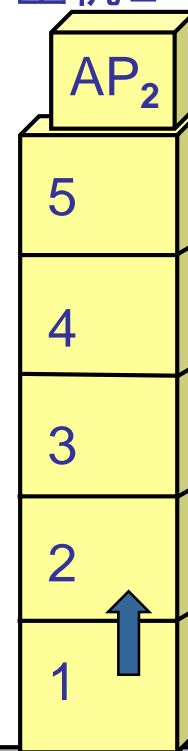


主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



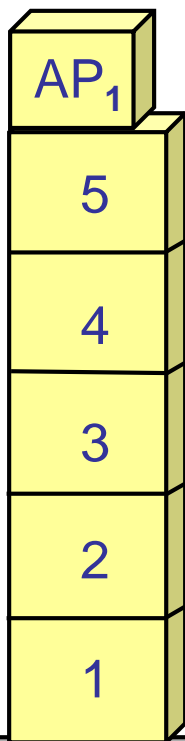
主机 2



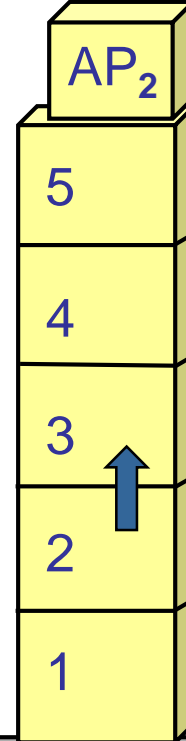
物理层接收到比特流，上交给数据链路层

主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



主机 2

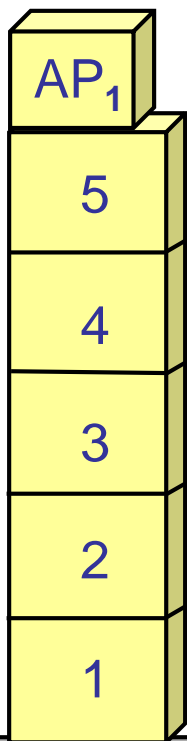


数据链路层剥去帧首部和帧尾部
取出数据部分，上交给网络层

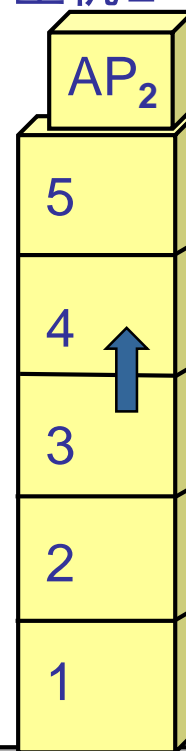


主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



主机 2

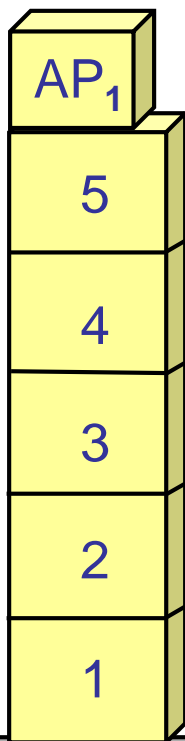


网络层剥去首部，取出数据部分
上交给运输层



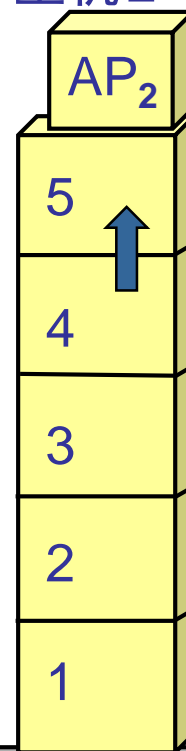
主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



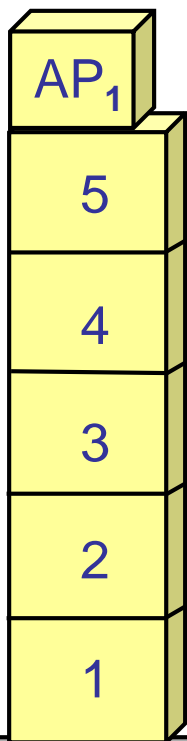
运输层剥去首部，取出数据部分
上交给应用层

主机 2



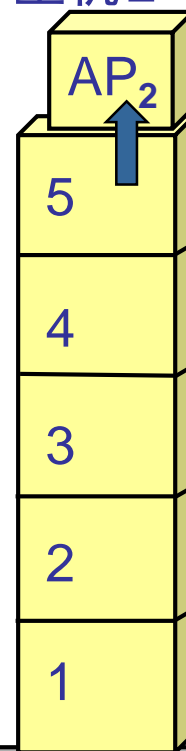
主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



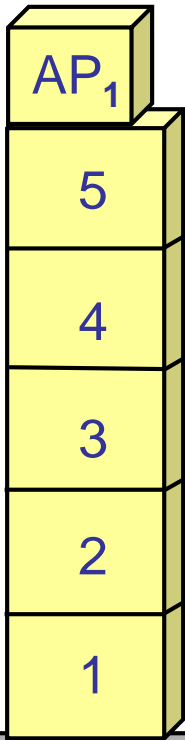
应用层剥去首部，取出应用程序数据
上交给应用进程

主机 2



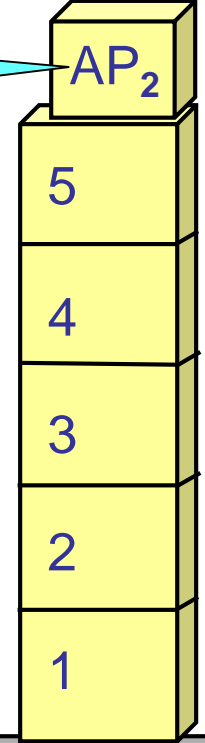
主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1

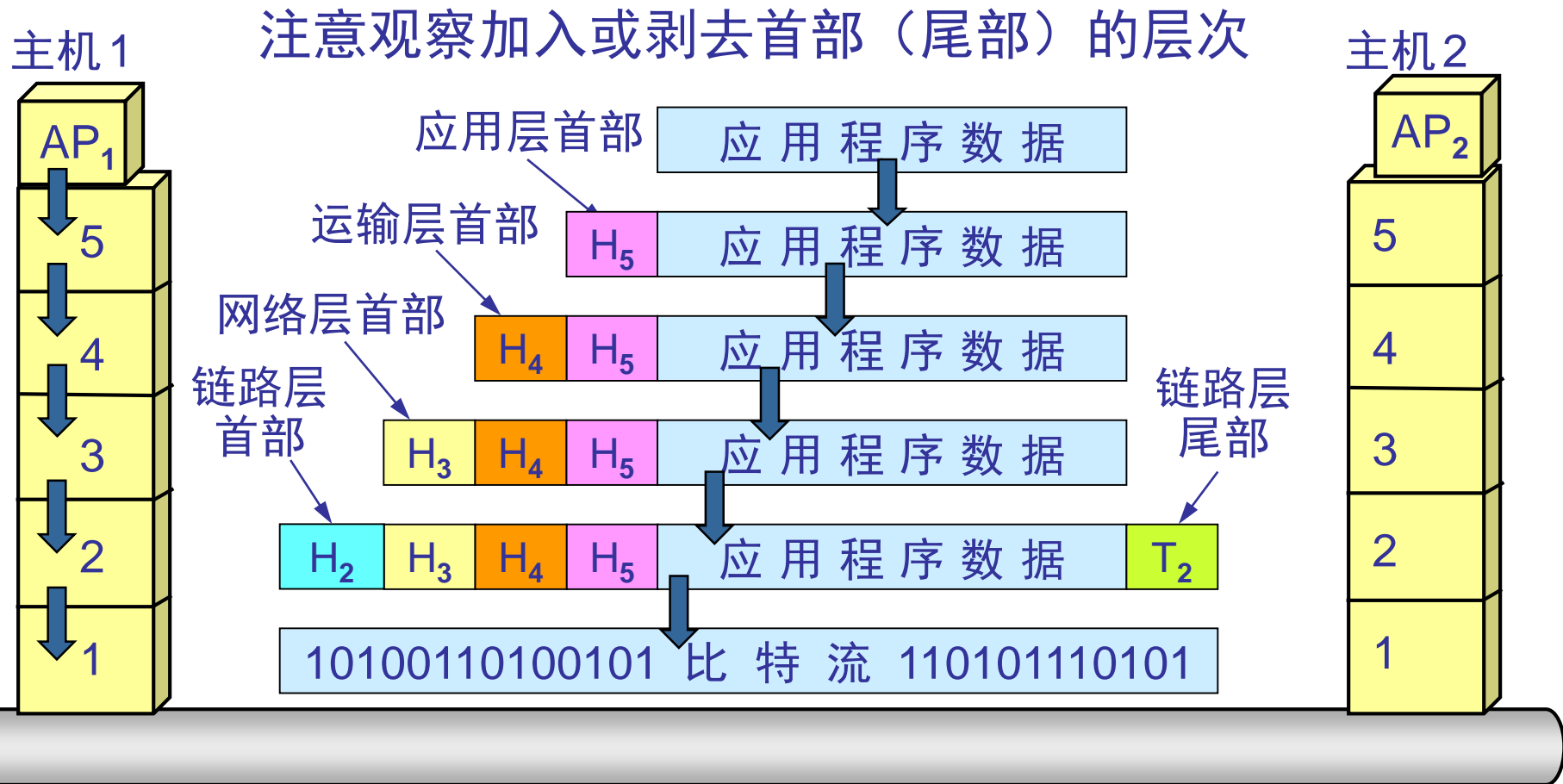


我收到了 AP_1 发来的
应用程序数据！

主机 2



主机 1 向主机 2 发送数据



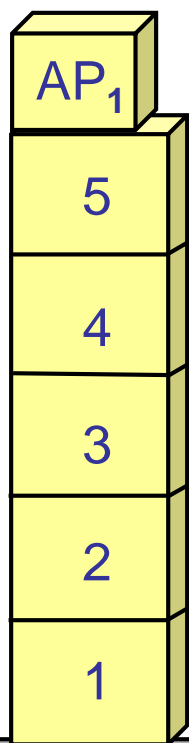
主机 1 向主机 2 发送数据

PDU在每一层的名称：

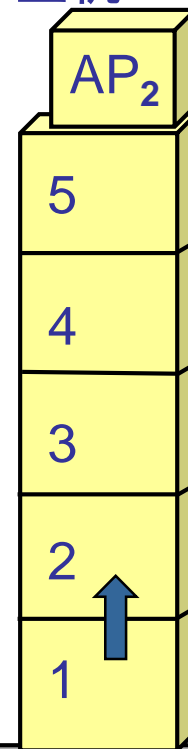
应用层：	消息/应用层报文	message		分组
传输层：	报文段/用户数据报	segment / user datagram		
网络层：	包/IP数据报	package/IP datagram		
数据链路层：	帧	frame		
物理层：	比特流、码流	bit stream		

主机 1 向主机 2 发送数据

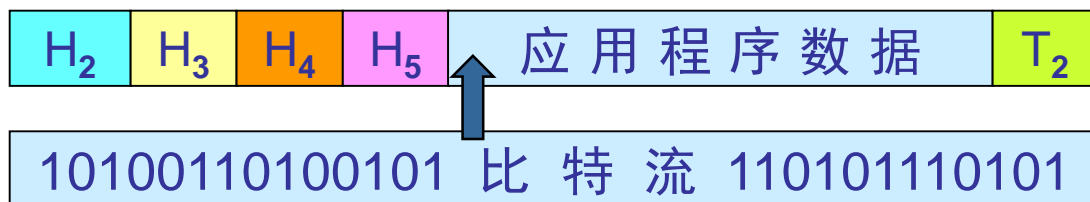
主机 1



主机 2

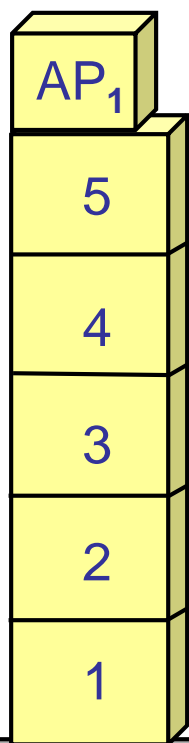


计算机 2 的物理层收到比特流后
交给数据链路层

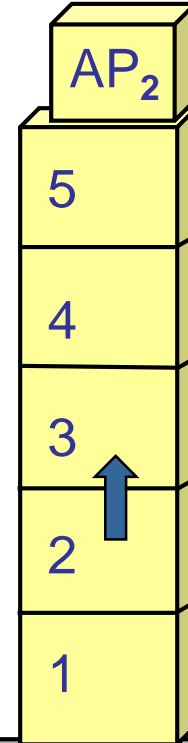


主机 1 向主机 2 发送数据

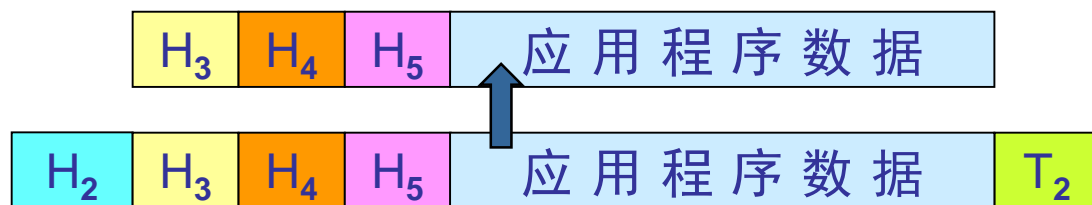
主机 1



主机 2

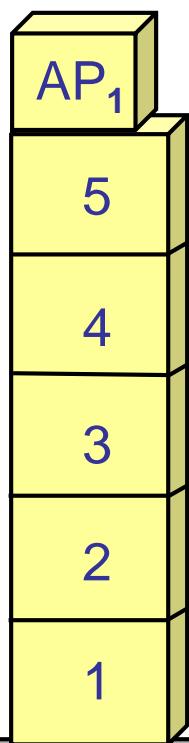


数据链路层剥去帧首部和帧尾部后
把帧的数据部分交给网络层

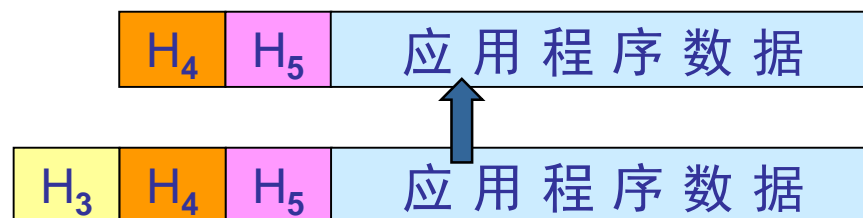


主机 1 向主机 2 发送数据

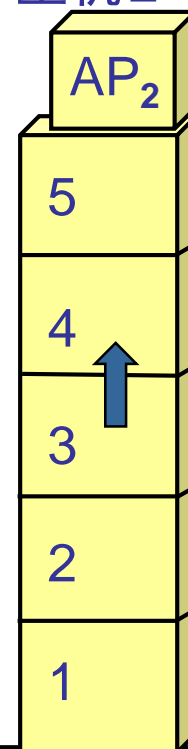
主机 1



网络层剥去分组首部后
把分组的数据部分交给运输层

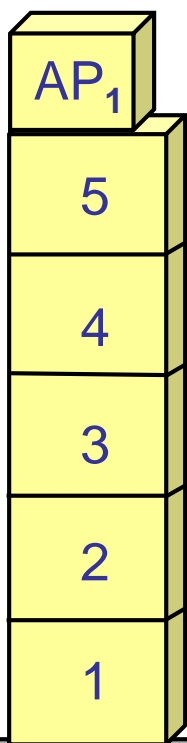


主机 2

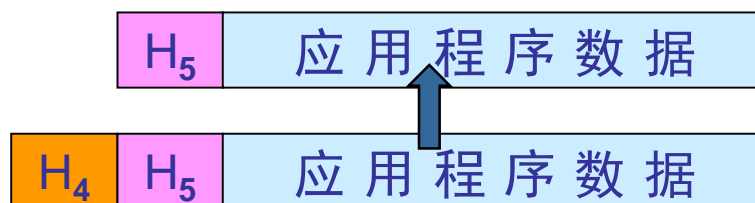


主机 1 向主机 2 发送数据

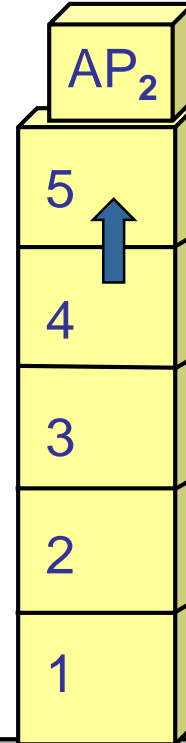
主机 1



运输层剥去报文首部后
把报文的数据部分交给应用层

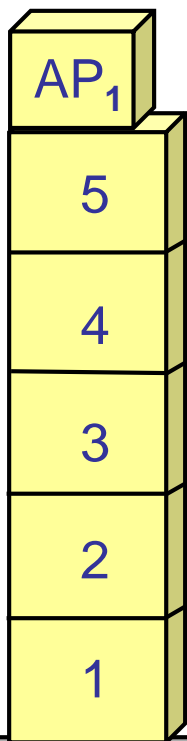


主机 2



主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



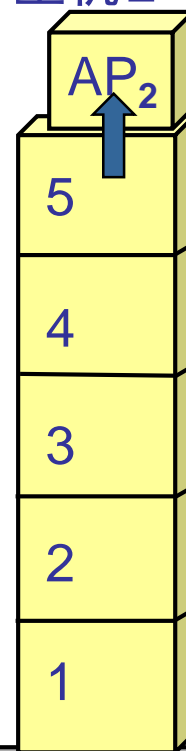
应用程序数据

H_5

应用程序数据

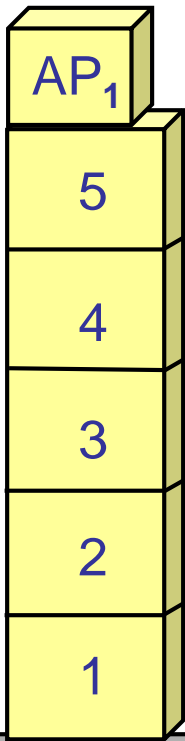
应用层剥去应用层 PDU 首部后
把应用程序数据交给应用进程

主机 2



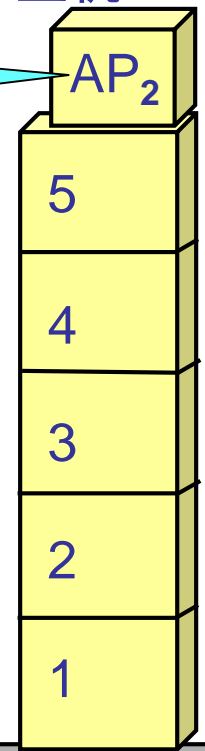
主机 1 向主机 2 发送数据

主机 1



我收到了 AP_1 发来的
应用程序数据！

主机 2



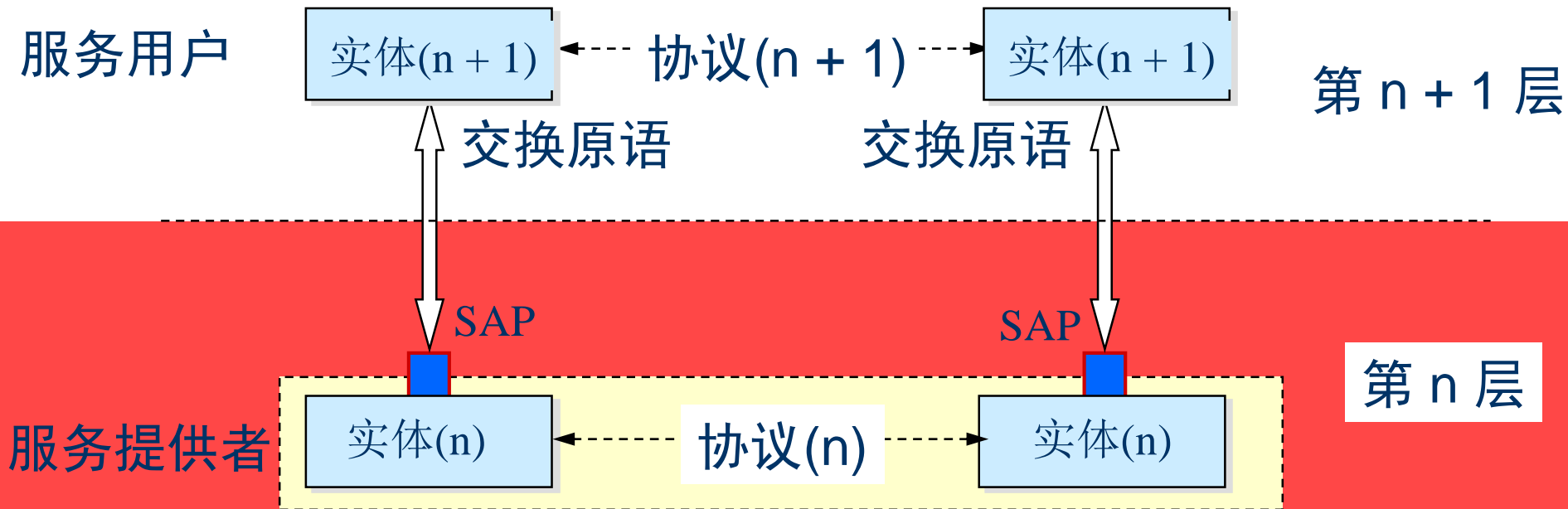
4 实体、协议、服务和访问点

- **实体(entity)** 表示任何可发送或接收信息的硬件或软件进程。
- 协议是控制**两个对等实体**进行通信的规则集合。
- 在协议的控制下，两个对等实体间的通信使得本层能够**向上一层提供服务**。
- 要实现本层协议，还需要使用**下层**所提供的服务。

实体、协议、服务和访问点（续）

- ❑ 本层的服务用户只能看见服务而无法看见下面的协议。
- ❑ 下面的协议对上面的服务用户是透明的。
- ❑ 协议是“水平的”，即协议是控制对等实体之间通信的规则。
- ❑ 服务是“垂直的”，即服务是由下层向上层通过层间接口提供的。
- ❑ 同一系统相邻两层的实体进行交互的地方，称为服务访问点 **SAP (Service Access Point)**。

实体、协议、服务和访问点（续）



协议很复杂

- 协议必须把所有**不利的条件**事先都估计到，而**不能假定**一切都是正常的和非常理想的。
- 看一个计算机网络协议是否正确，不能光看在正常情况下是否正确，而且还必须非常仔细地检查这个协议**能否应付各种异常情况**。

著名的协议举例

【例1-1】

- 占据东、西两个山顶的蓝军**1**和蓝军**2**与驻扎在山谷的白军作战。其力量对比是：单独的蓝军**1**或蓝军**2**打不过白军，但蓝军**1**和蓝军**2**协同作战则可战胜白军。现蓝军**1**拟于次日正午向白军发起攻击。于是用计算机发送电文给蓝军**2**。但通信线路很不好，电文出错或丢失的可能性较大（没有电话可使用）。因此要求收到电文的友军必须送回一个确认电文。但此确认电文也可能出错或丢失。试问能否设计出一种协议使得蓝军**1**和蓝军**2**能够实现协同作战因而一定（即**100 %**而不是**99.999...%**）取得胜利？

明日正午进攻，如何？

同意

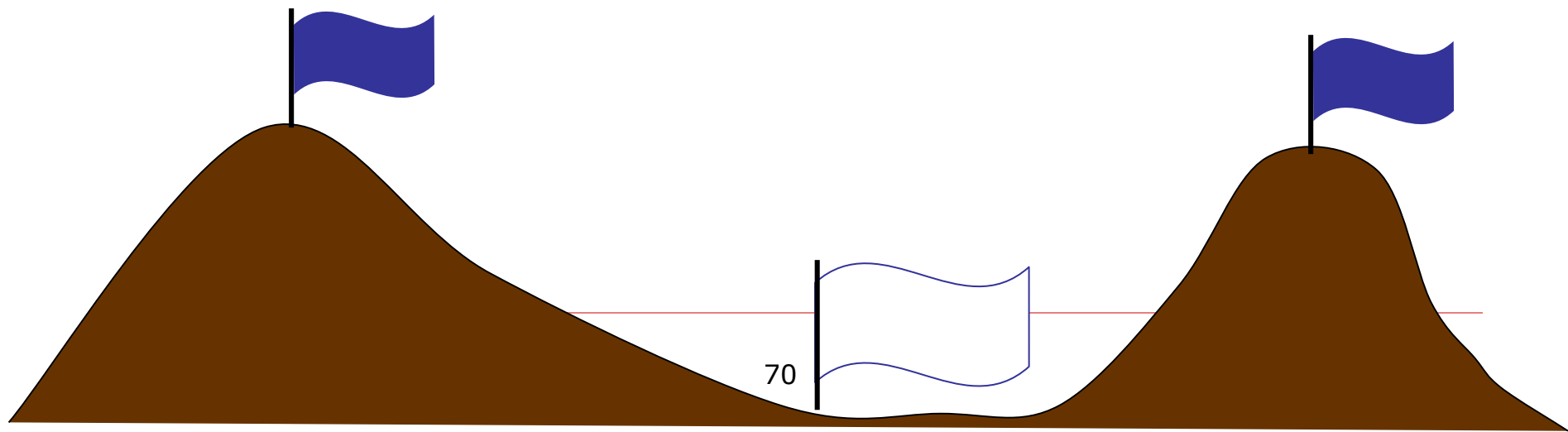
收到“同

这样的协议无法实现！

收到：收到“同意”

...

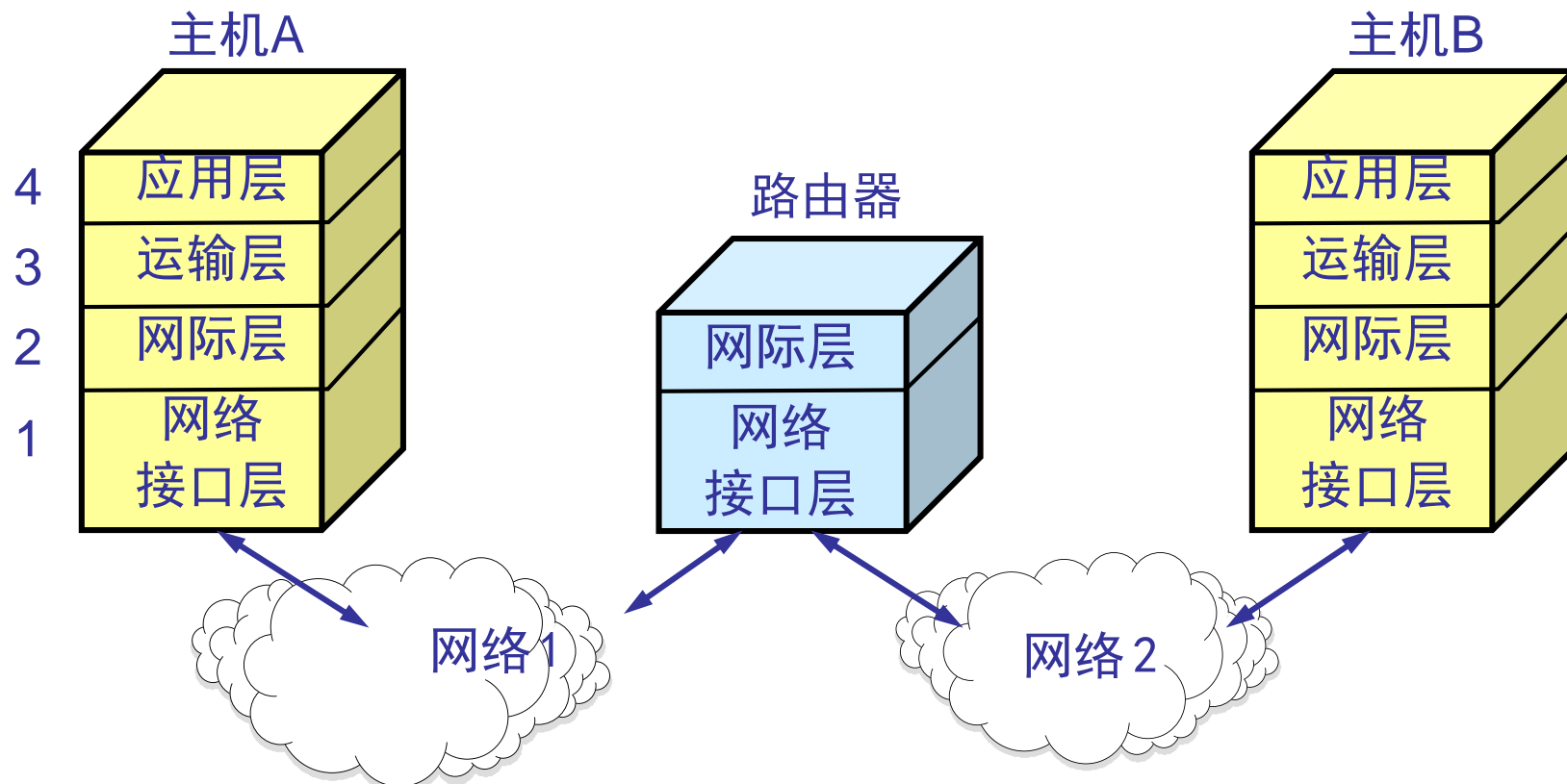
...



结论

- 这样无限循环下去，两边的蓝军都始终无法确定自己最后发出的电文对方是否已经收到。
- 没有一种协议能够蓝军能 **100%** 获胜。

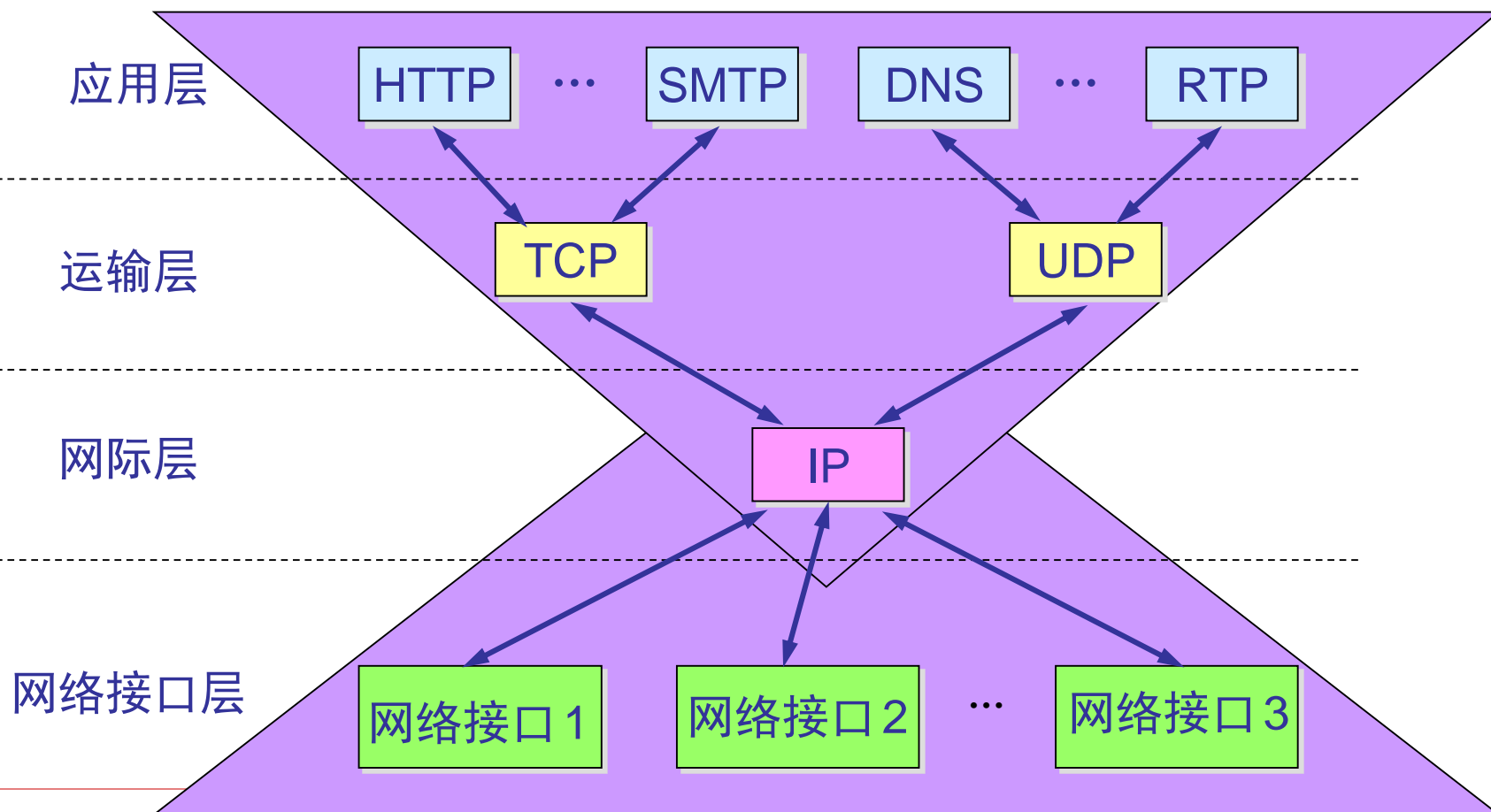
5 TCP/IP的体系结构



路由器在转发分组时最高只用到网络层
而没有使用运输层和应用层。

IP over Everything

IP可应用到各式各样的网络上



练习题

1. **TCP/IP**体系结构中最核心的部分是哪三层？ * A、B、E

- A. 应用层
- B. 运输层
- C. 网络接口层
- D. 物理层
- E. 网络层

2. 使用文件传送协议**FTP**，运输层使用什么样的**TCP**协议？

- A. 面向连接的**TCP**协议
- B. 无连接的**UDP**协议

A

练习题

3. 以下关于具有五层协议的体系结构，说法对的是？ *B、C、F

A. IP协议只提供有连接的服务。

B. 使用IP 协议的网络层的下面和上面，都可以使用面向连接服务或无连接服务。

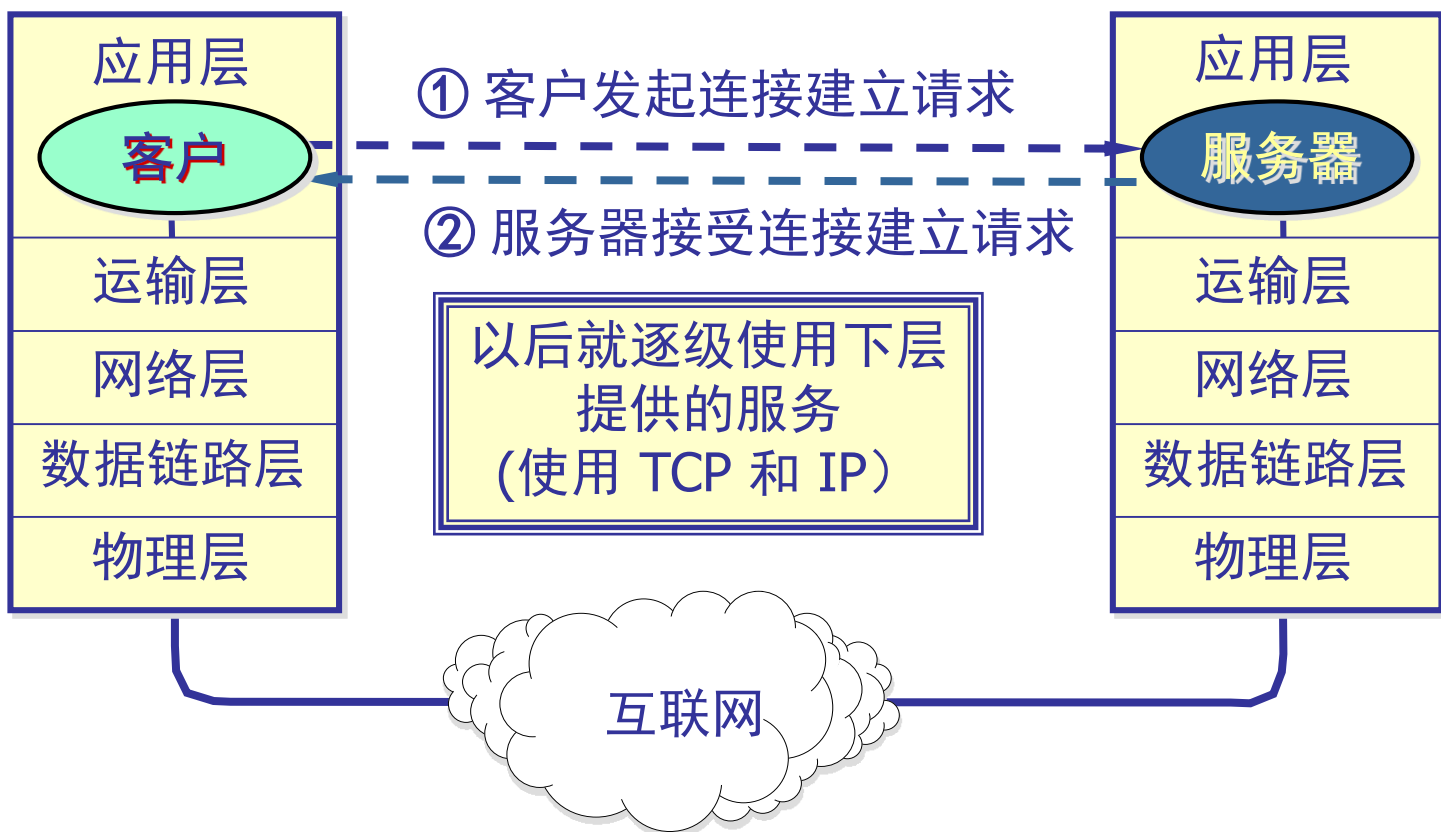
C. 目前仍有少量的X.25网在使用，但也往往上面运行着**IP**协议。

D. IP不可以在面向连接的网络上使用

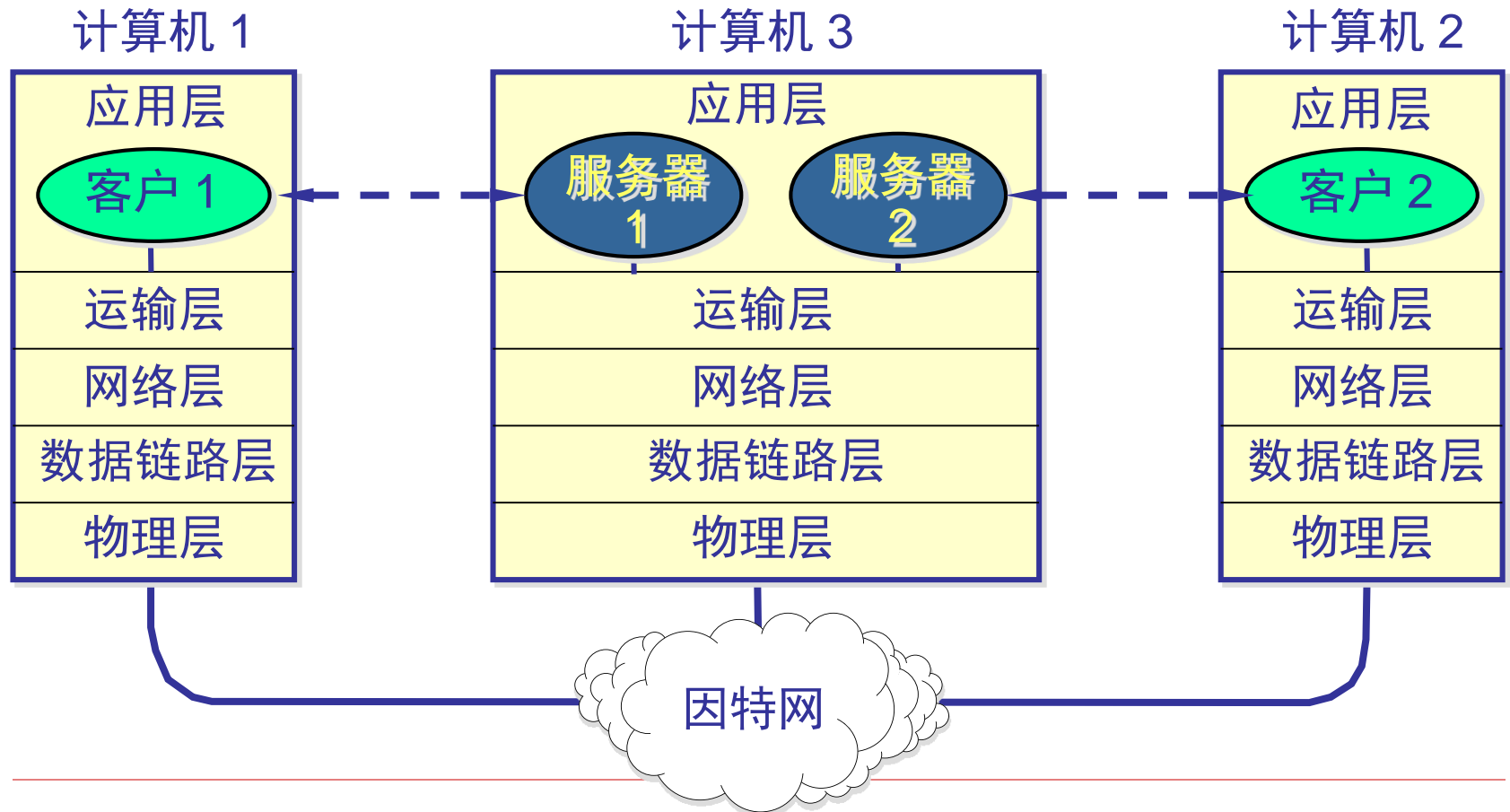
E. 网络层下面不可以使用无连接服务

F. 运输层可以使用面向连接的**TCP**，也可以使用无连接的**UDP** 。

【例1-2】客户进程和服务端进程 使用 TCP/IP 协议进行通信

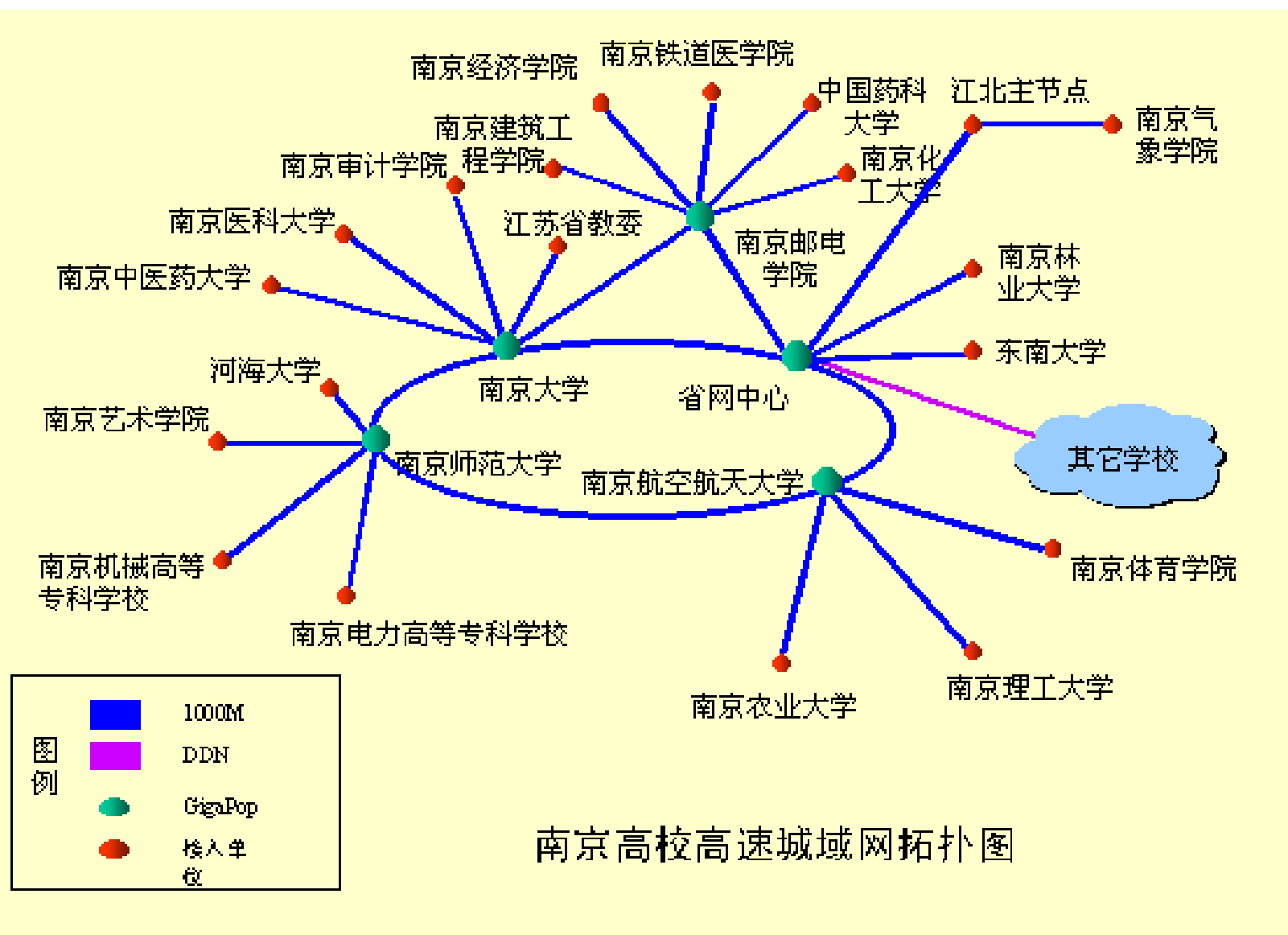


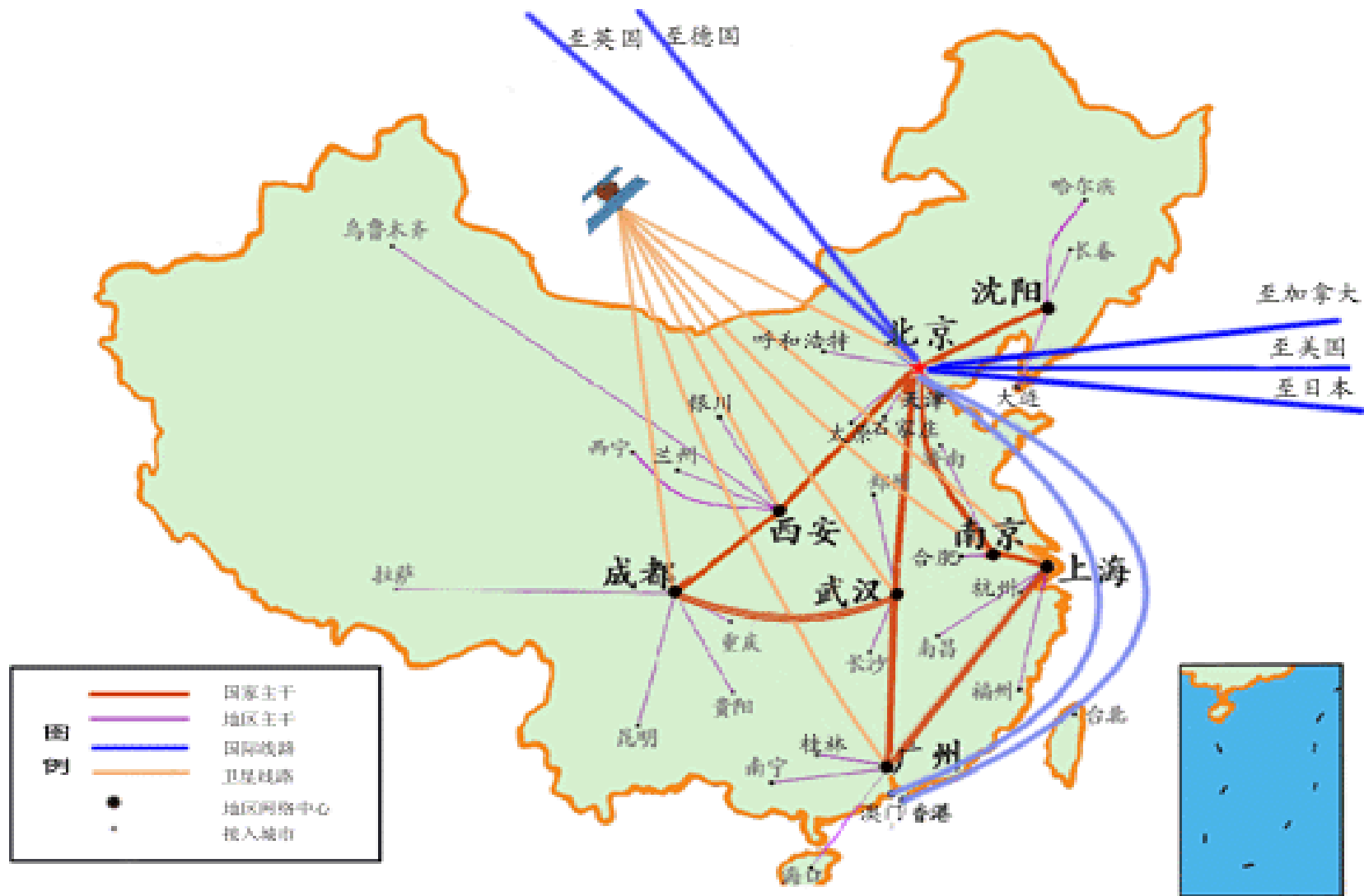
功能较强的计算机 可同时运行多个服务器进程



总结第一章

- 计算机网络概念
- 类型
- 国际互联网结构
- 交换技术
- 网络体系结构

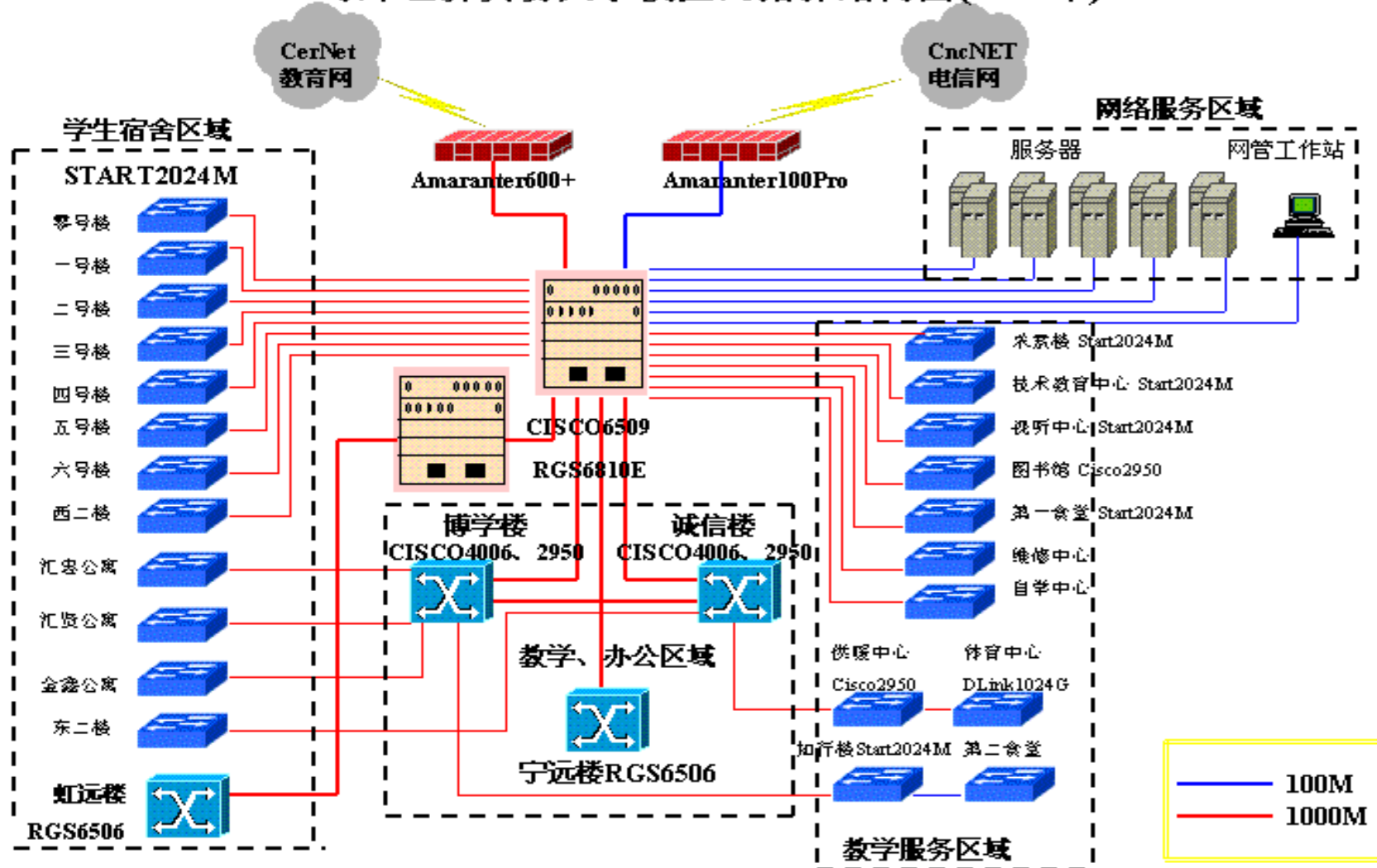




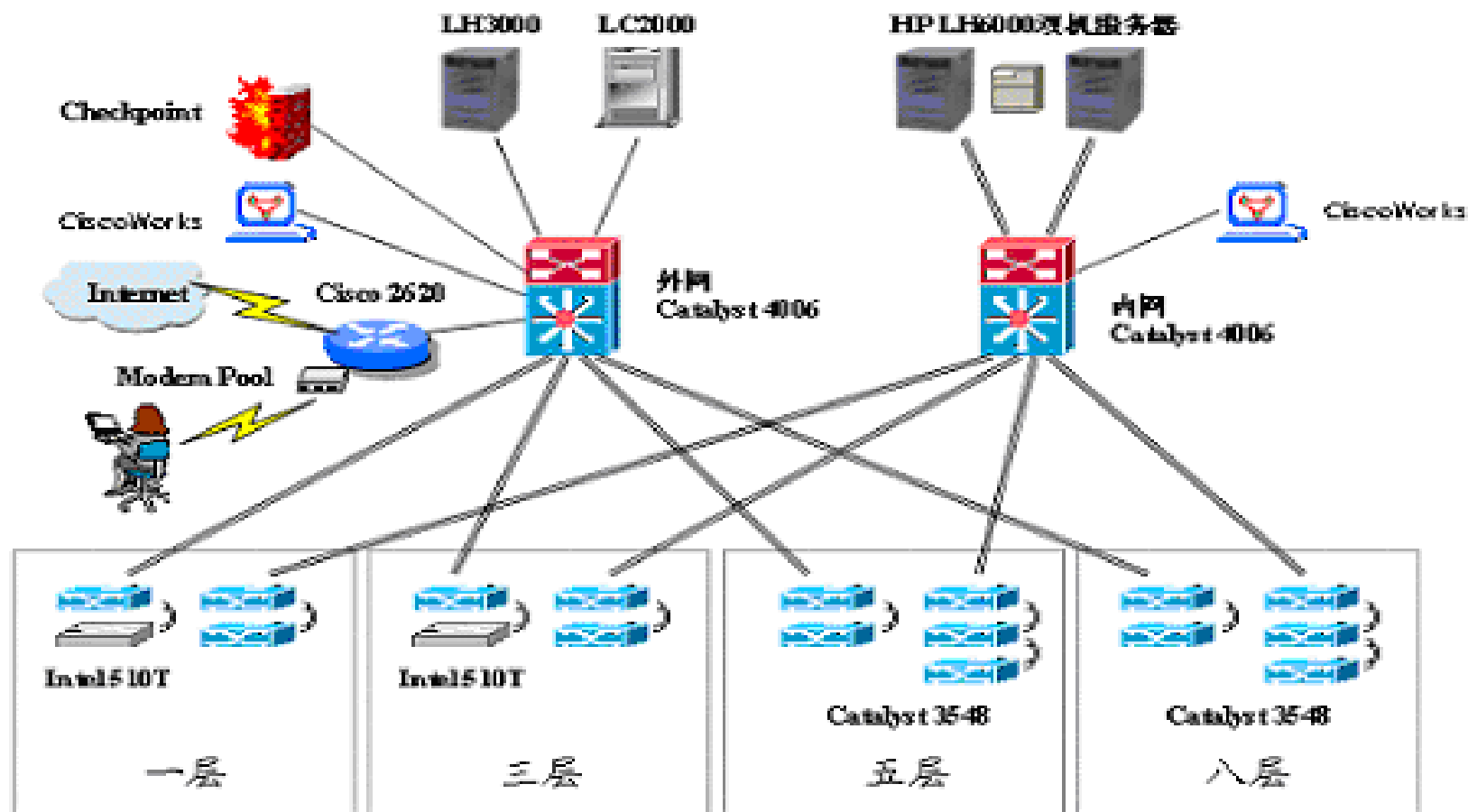
中国教育和科研计算机网 CERNET 主干网

外经贸大学校园网

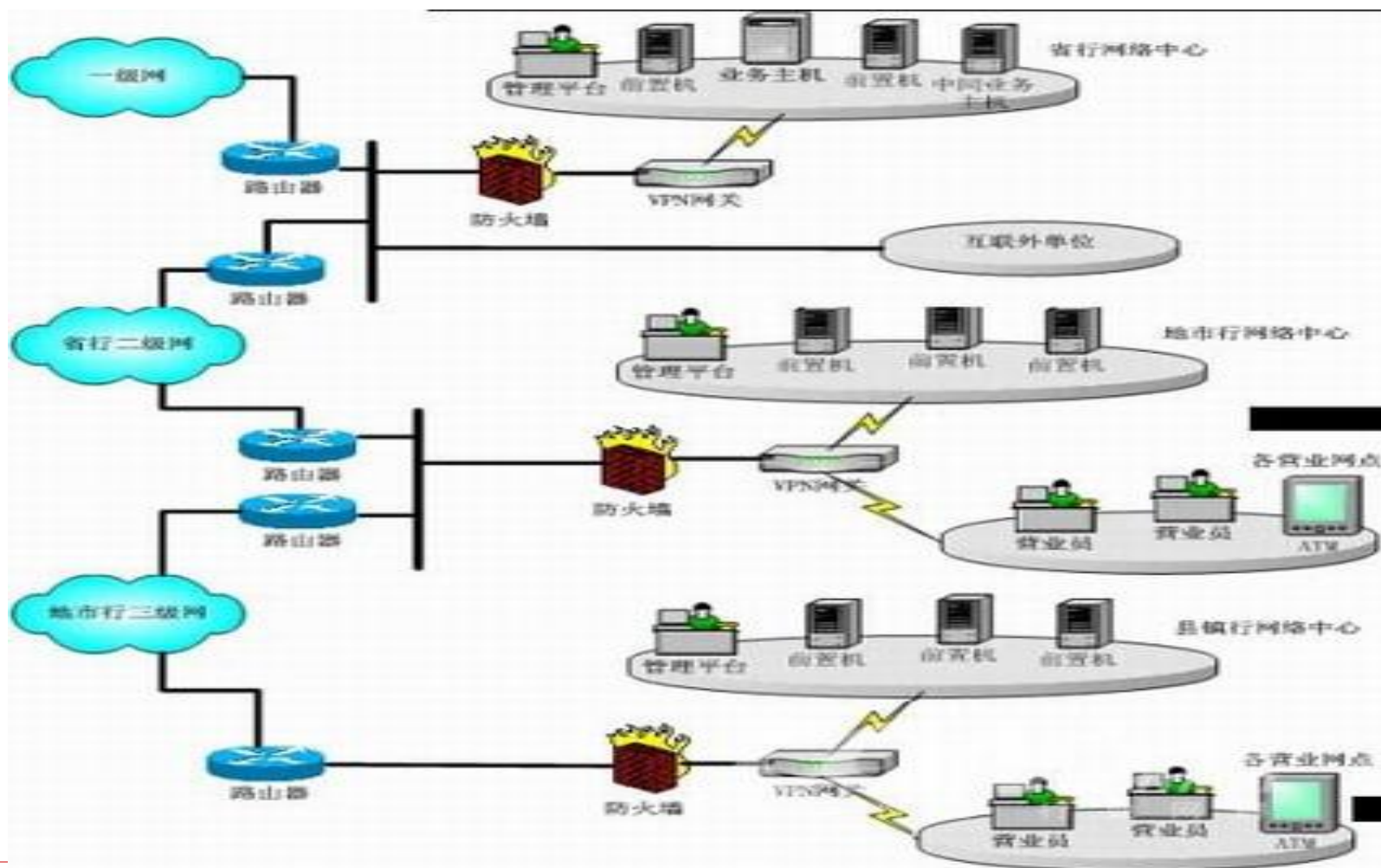
对外经济贸易大学校园网拓扑结构图(2005年)



重庆儿童医院网络拓扑图



企业网-银行网络



上次课思考题

- 你在汇X楼、虹远楼宿舍的电脑，和家里父母的手机能够聊QQ，或者微信，你认为至少要有哪些设备、要规定哪些东西？

提示（比如把数据拆分成分组的大小限制、地址的格式，等等，想到什么说什么）

思考题

- 生活中有什么问题是**没有网络就不可能实现的**，在该问题中，用到了什么样的网络结构？对应于网络的体系结构，你能解释出其中的（部分）工作原理吗
- 总结分组转发的优缺点

思考题

第一次作业：

教材P39：

1-17

1-18

1-26

交到TAS平台作业模块！