



计算机网络

洪锋, 计算机系

Gray.hong@gmail.com

Osn.ouc.edu.cn/~hong

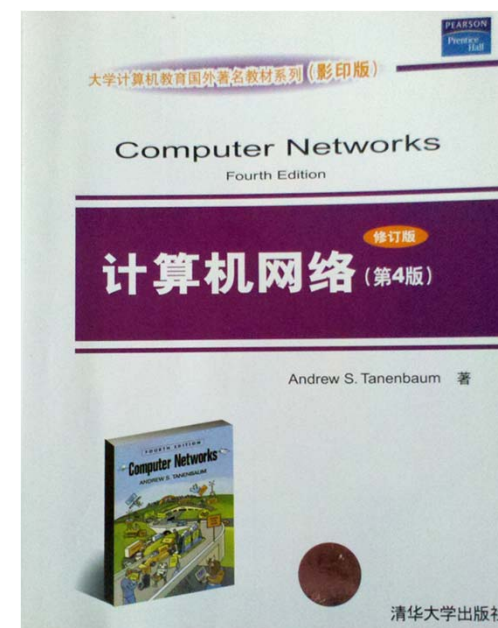
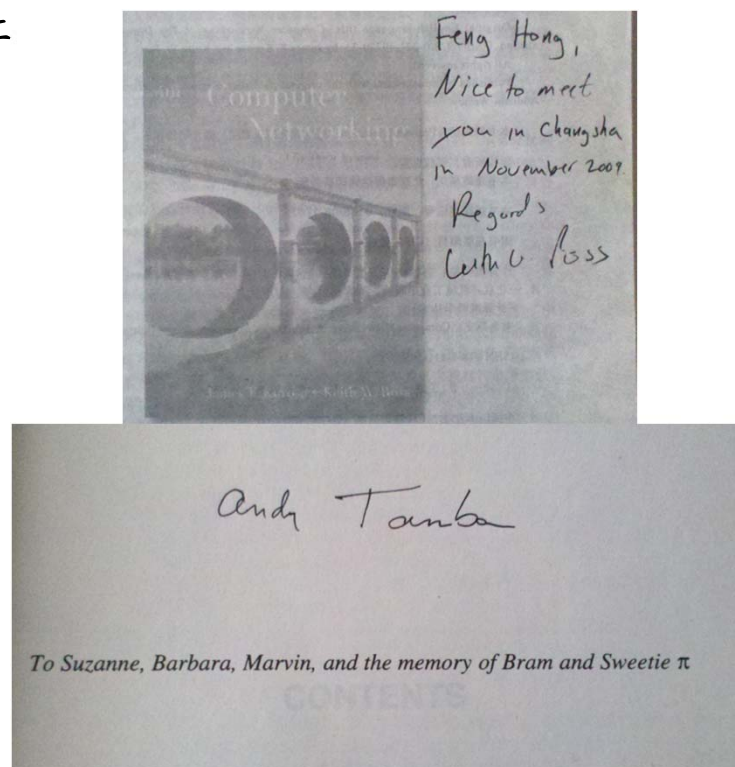
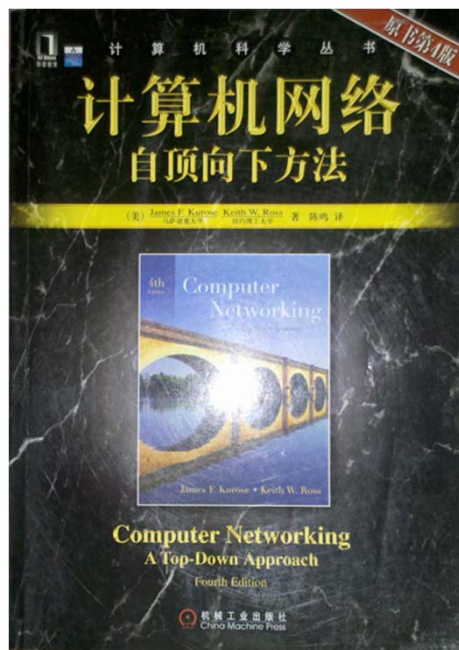
教学参考

■ 教材

- 《计算机网络（第5版）》，谢希仁，电子工业出版社

■ 参考书

- 《计算机网络（第4版）》，Andrew S. Tanenbaum，清华大学出版社
- 《计算机网络——自顶向方法（第4版）》，James F. Kurose，机械工业出版社





教学目标

- 上网：No! 计算机文化导论
- 网络编程：No! 网页设计、JAVA

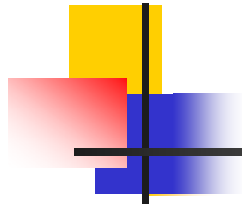
- 基本目标
- TCP/IP: Yes! But Not Only

- 高级目标：
 - 体会网络协议隐藏的原理
 - 根据具体情况设计新的协议
 - 解决生活中的问题



教学计划：自顶向下

- 第一章 概述
- 第六章 应用层
 - 补充对等计算、搜索引擎
- 第五章 传输层
 - 补充TCP层设计详解
- 第四层 网络层
 - 补充RIP和OSPF协议算法原理
- 第三章 链路层
- 第九章 无线传网络
 - 手机移动网络、传感器网络、物联网
- 第二章 物理层
 - 补充通信原理基础



第1章 概述

1.1 计算机网络在信息时代中的作用

1.2 因特网概述

1.3 因特网的组成

1.3.1 因特网的边缘部分

1.3.2 因特网的核心部分

1.7 计算机网络的体系结构

1.7.1 计算机网络体系结构的形成

1.7.2 协议与划分层次

1.7.3 具有五层协议的体系结构

1.7.4 实体、协议、服务和服务访问点

1.7.5 TCP/IP 的体系结构

1.1 计算机网络作用

通信是人类的基本需求



一鼓作气
再而衰
三而竭

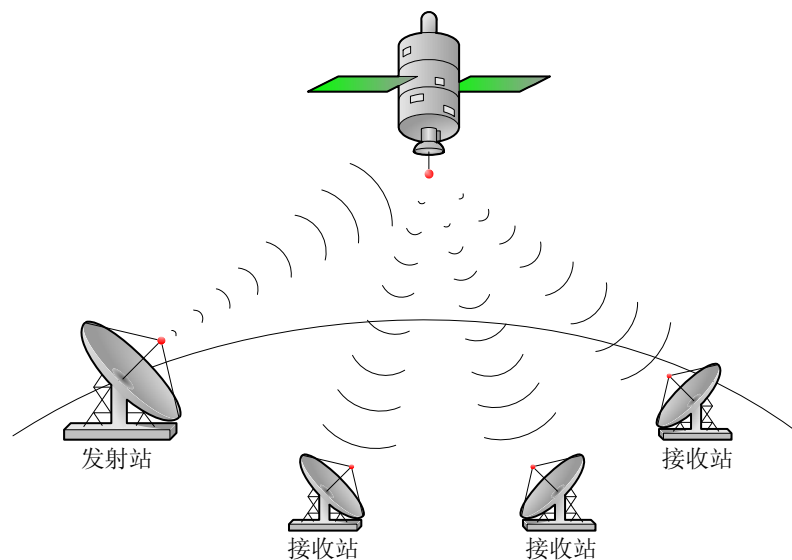


烽火戏诸侯

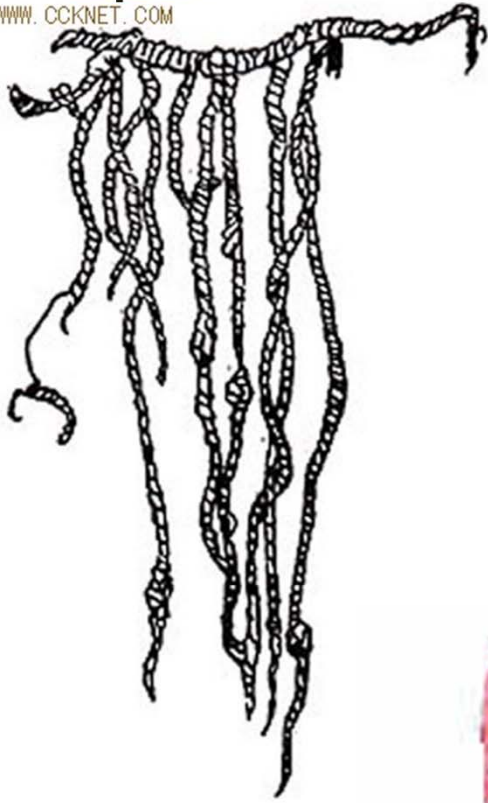


云中谁寄锦书来

One world,
One dream!



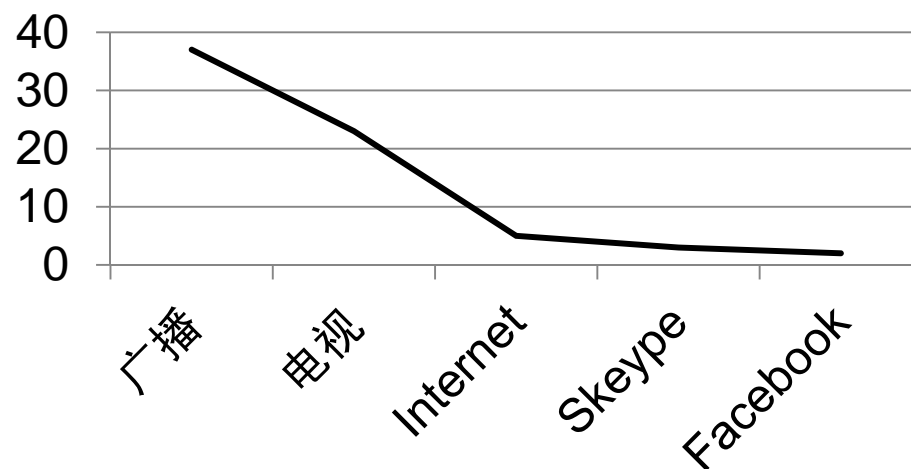
文明史的里程碑

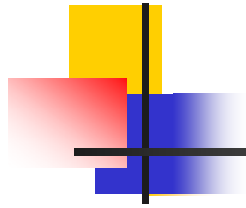


因特网是印刷术后最大的变革



达到5000万用户时间





计算机网络向用户提供的 最重要的功能

- 连通性——计算机网络使上网用户之间都可以交换信息，好像这些用户的计算机都可以彼此直接连通一样。
-
- 共享——即资源共享。可以是信息共享、软件共享，也可以是硬件共享。



1.2 因特网概述

- 计算机网络是 20 世纪 60 年代美苏冷战时期的产物。
- 60 年代初，美国国防部领导的远景研究规划局 ARPA (Advanced Research Project Agency) 提出要研制一种生存性(survivability)很强的网络。
- 传统的电路交换(circuit switching)的电信网有一个缺点：
 - 正在通信的电路中有一个交换机或有一条链路被炸毁，则整个通信电路就要中断。
 - 如要改用其他迂回电路，必须重新拨号建立连接。这将要延误一些时间。



1.2 因特网概述

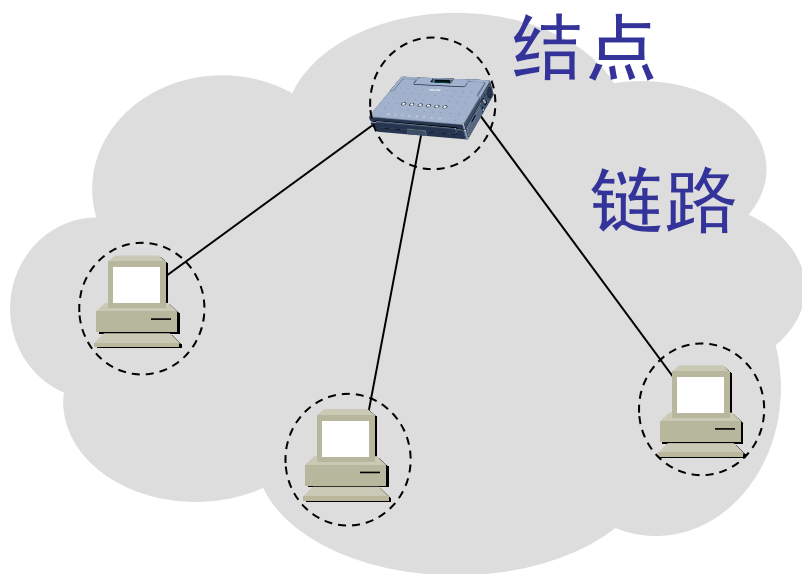
1.2.1 网络的网络

- 起源于美国的因特网现已发展成为世界上最大的国际性计算机互联网。
- **网络**(network)由若干**结点**(node)和连接这些结点的**链路**(link)组成。
- 互联网是“**网络的网络**”(network of networks)。
- 连接在因特网上的计算机都称为**主机**(host)。
- 结点 vs. 节点

网络与因特网

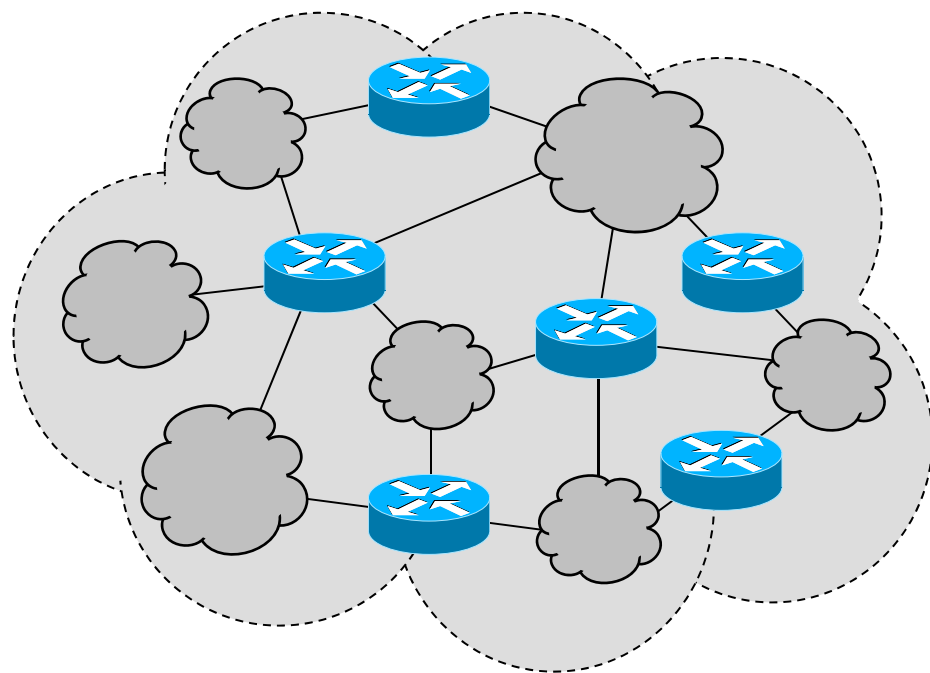
- 网络把许多计算机连接在一起。
- 因特网则把许多网络连接在一起。

网络

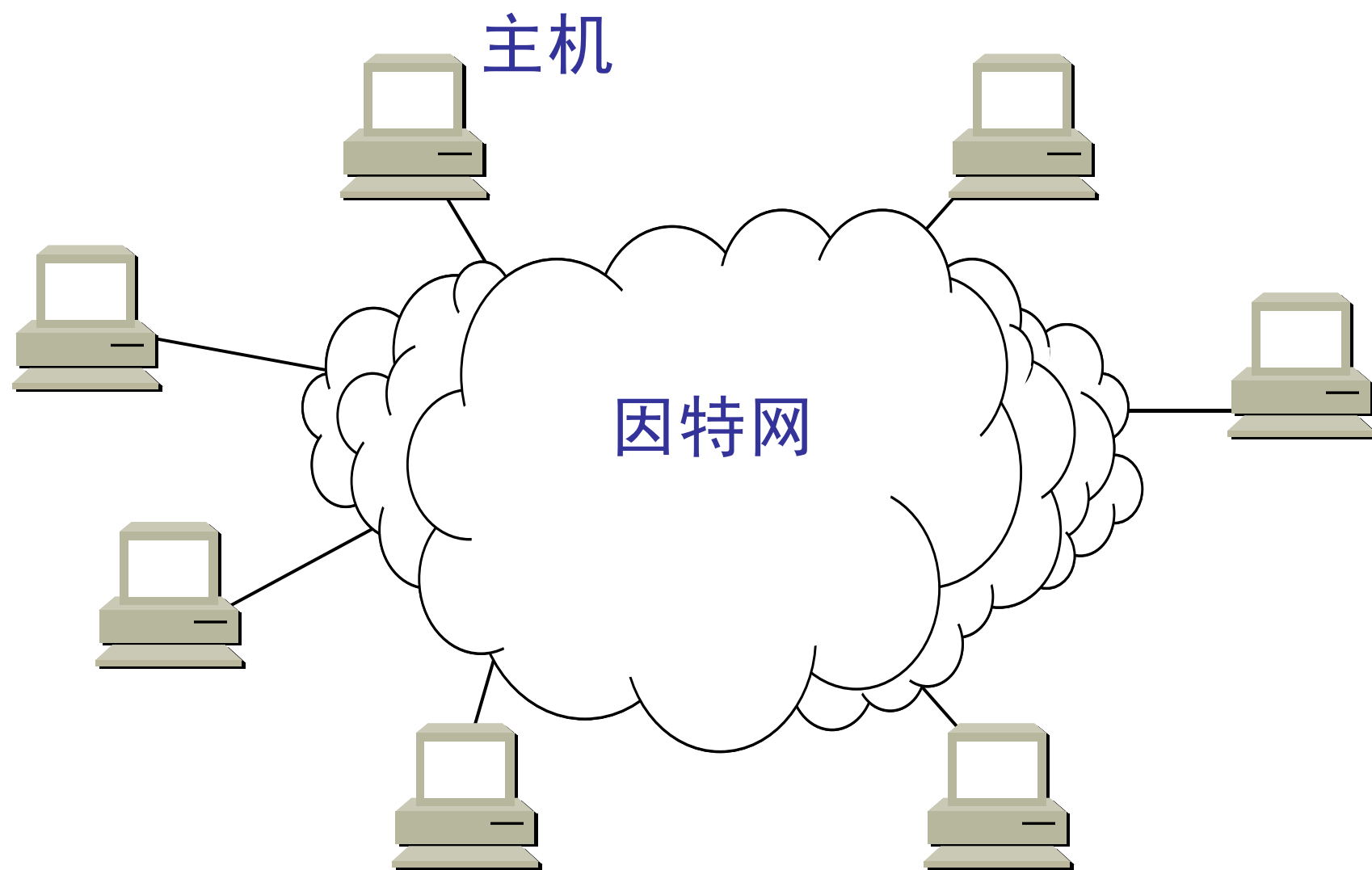


(a)

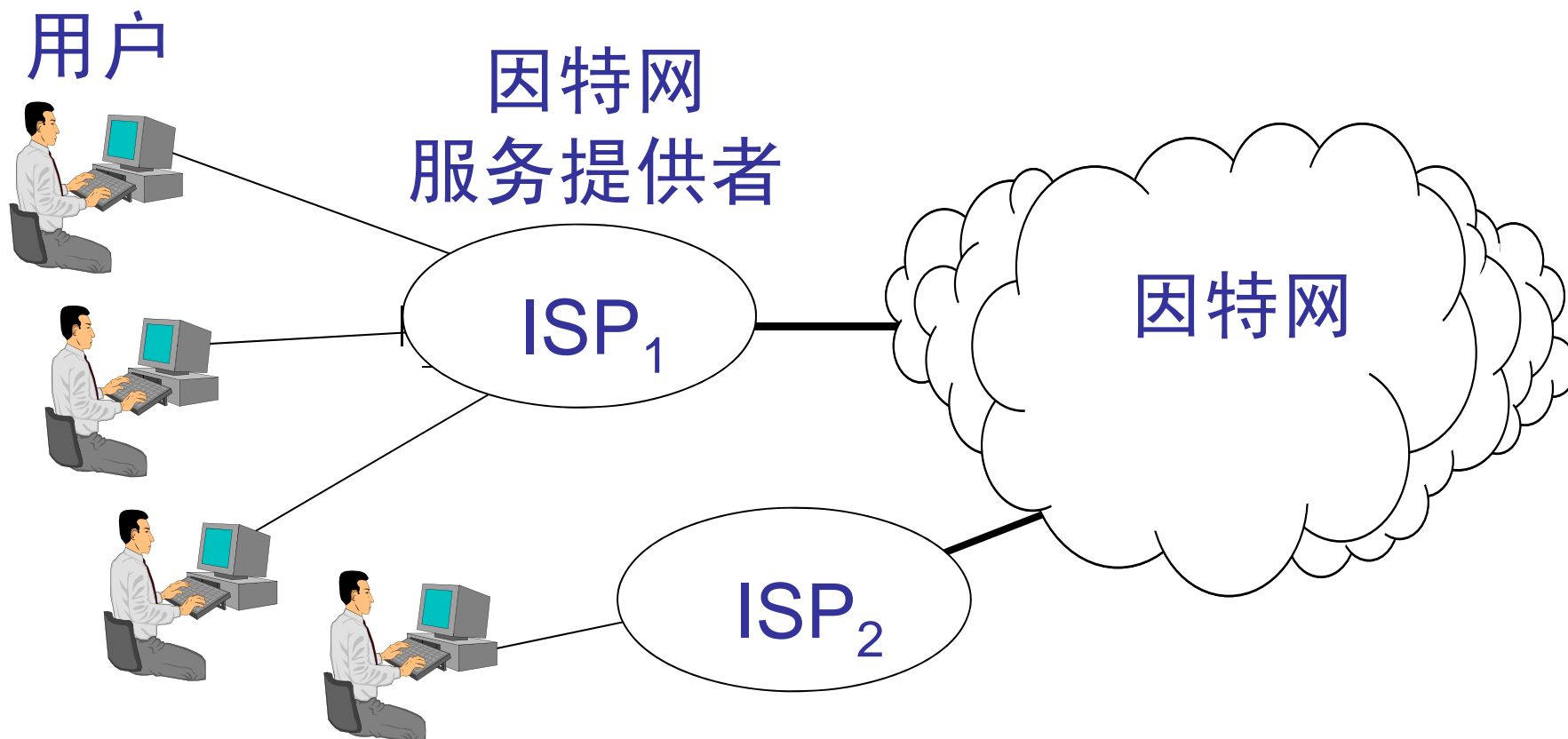
互联网（网络的网络）



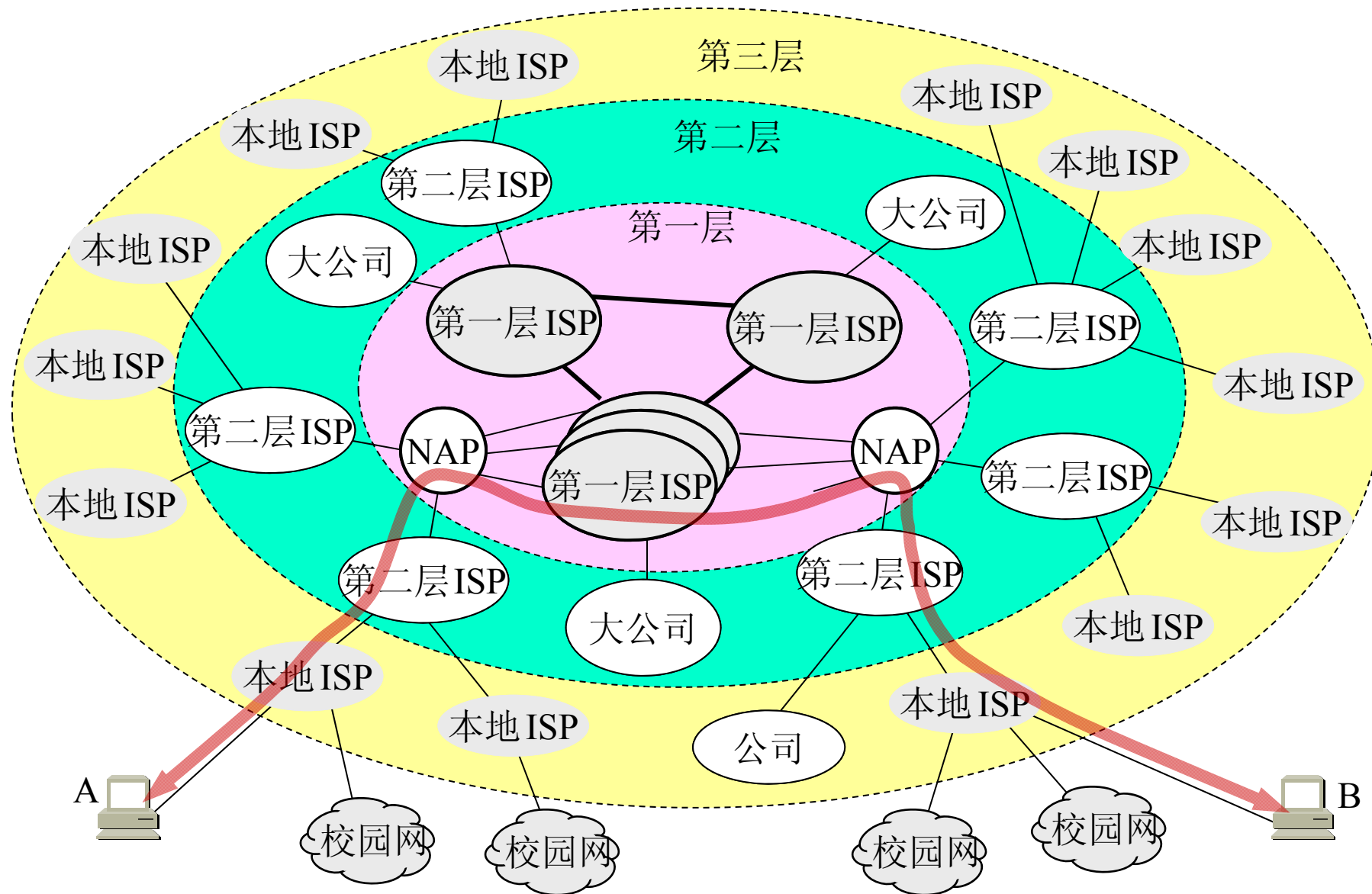
(b)



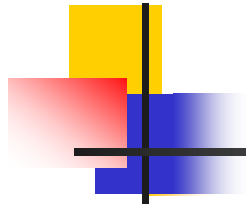
用户通过 ISP 上网



根据提供服务的覆盖面积大小以及所拥有的 IP 地址数目的不同，ISP 也分成为不同的层次。

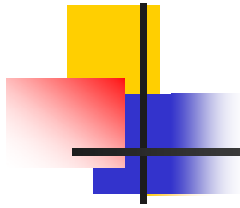


主机A → 本地 ISP → 第二层 ISP → NAP → 第一层 ISP → NAP → 第二层 ISP → 本地 ISP → 主机B



万维网 WWW 的问世

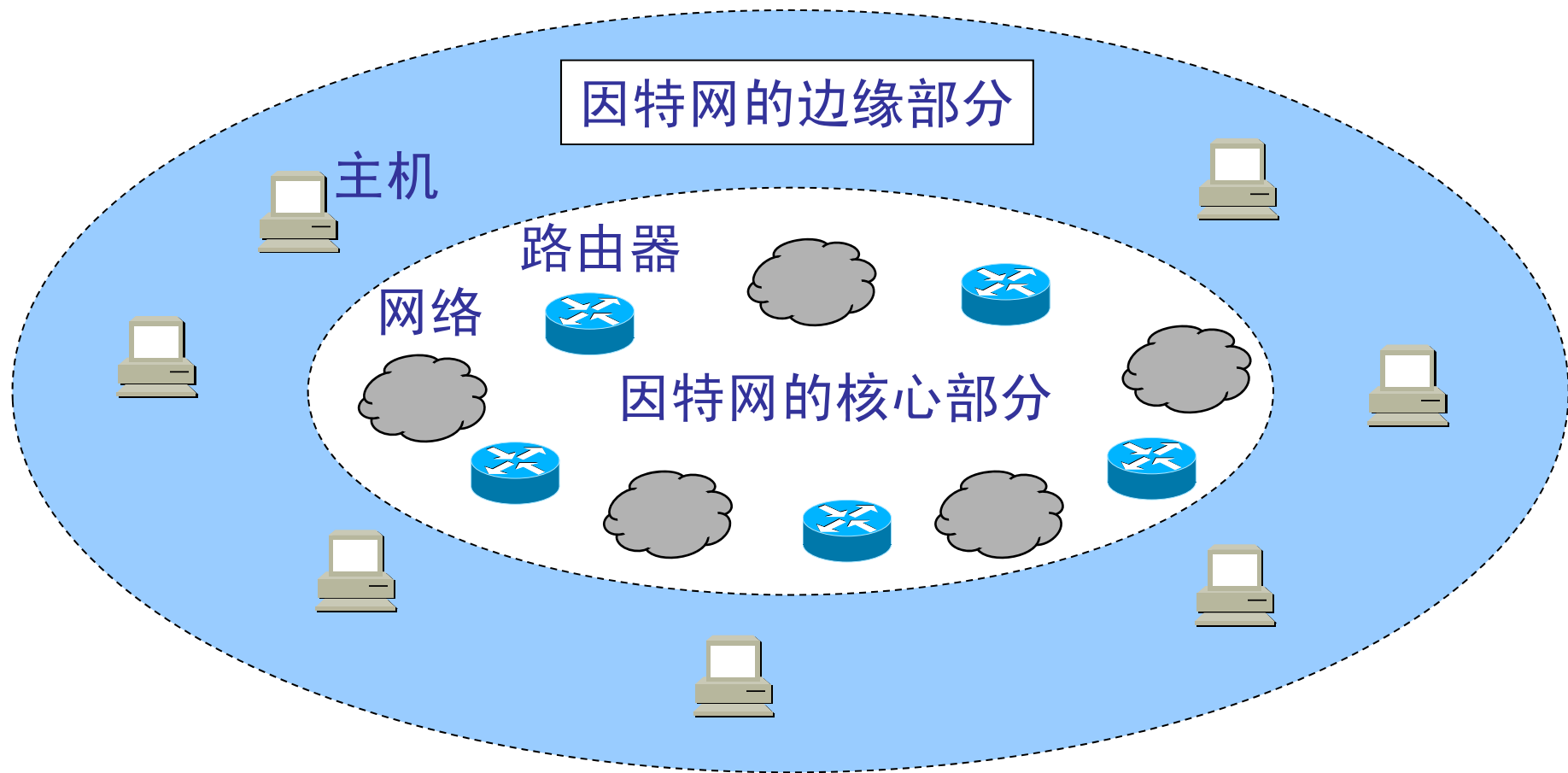
- 因特网的迅猛发展始于 20 世纪 90 年代
 - 由欧洲原子核研究组织 CERN 开发的万维网 WWW (World Wide Web) 广泛使用在因特网上，成为因特网的指数级增长的主要驱动力。
 - 因特网已经成为世界上规模最大和增长速率最快的计算机网络。

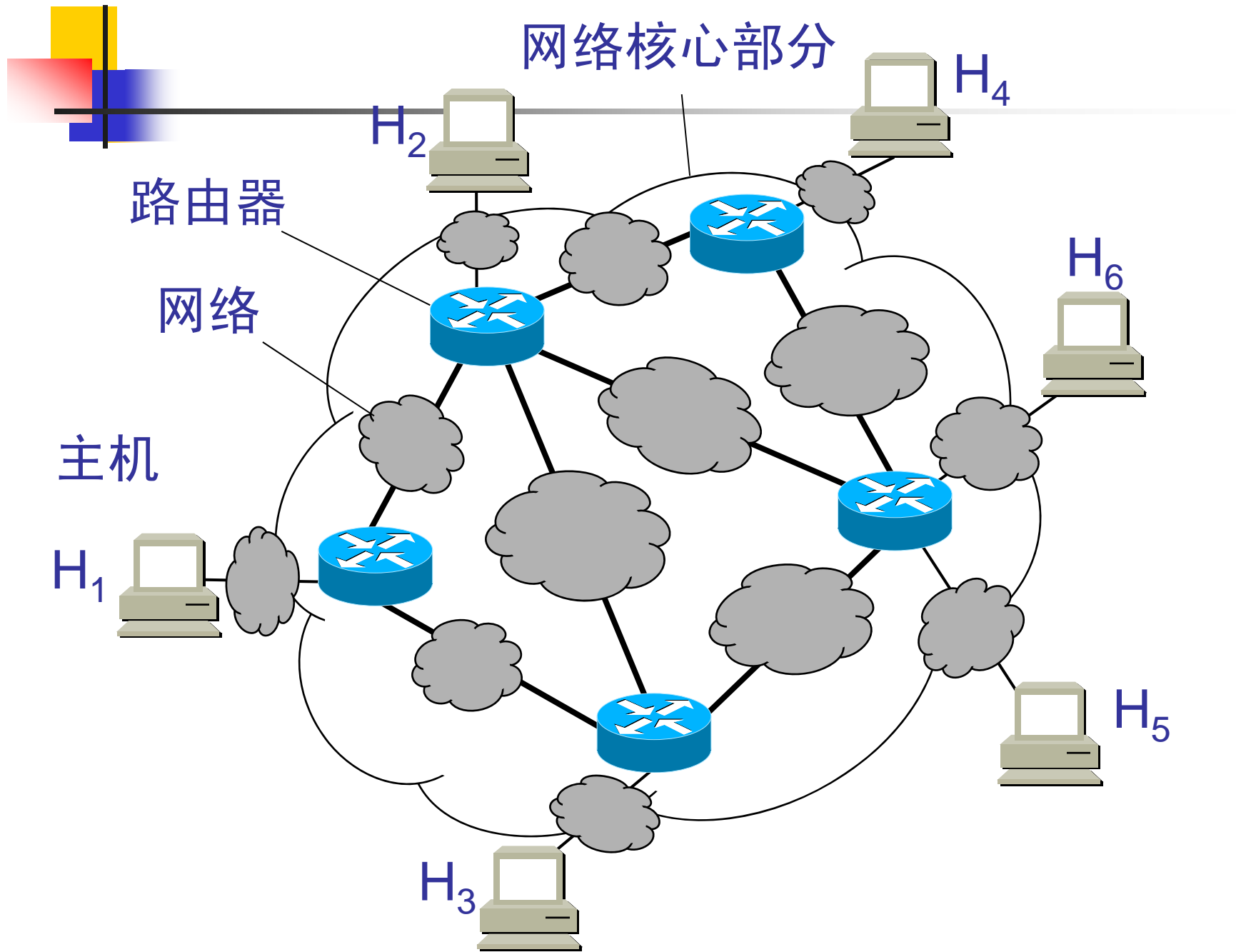


1.3 因特网的组成

- 从因特网工作方式上分为：
 - 边缘部分
 - 由所有连接在因特网上的主机组成。这部分是用户直接使用的，用来进行通信（传送数据、音频或视频）和资源共享。
 - 核心部分
 - 由大量网络和连接这些网络的路由器组成。这部分是为边缘部分提供服务的（提供连通性和交换）。

因特网的边缘部分与核心部分







因特网的核心部分

- 因特网的核心部分是由许多**网络**和把它们互连起来的**路由器**组成，而**主机**处在**因特网的边缘部分**。
- 在因特网核心部分的路由器之间一般都用高速链路相连接，而在网络边缘的主机接入到核心部分则通常以相对较低速率的链路相连接。
- **主机**的用途是为用户进行信息处理的，并且可以和其他主机通过网络交换信息，即向网络发送分组，从网络接收分组
- **路由器**的用途则是用来转发分组的，即进行分组交换的，最后把分组交付目的主机。



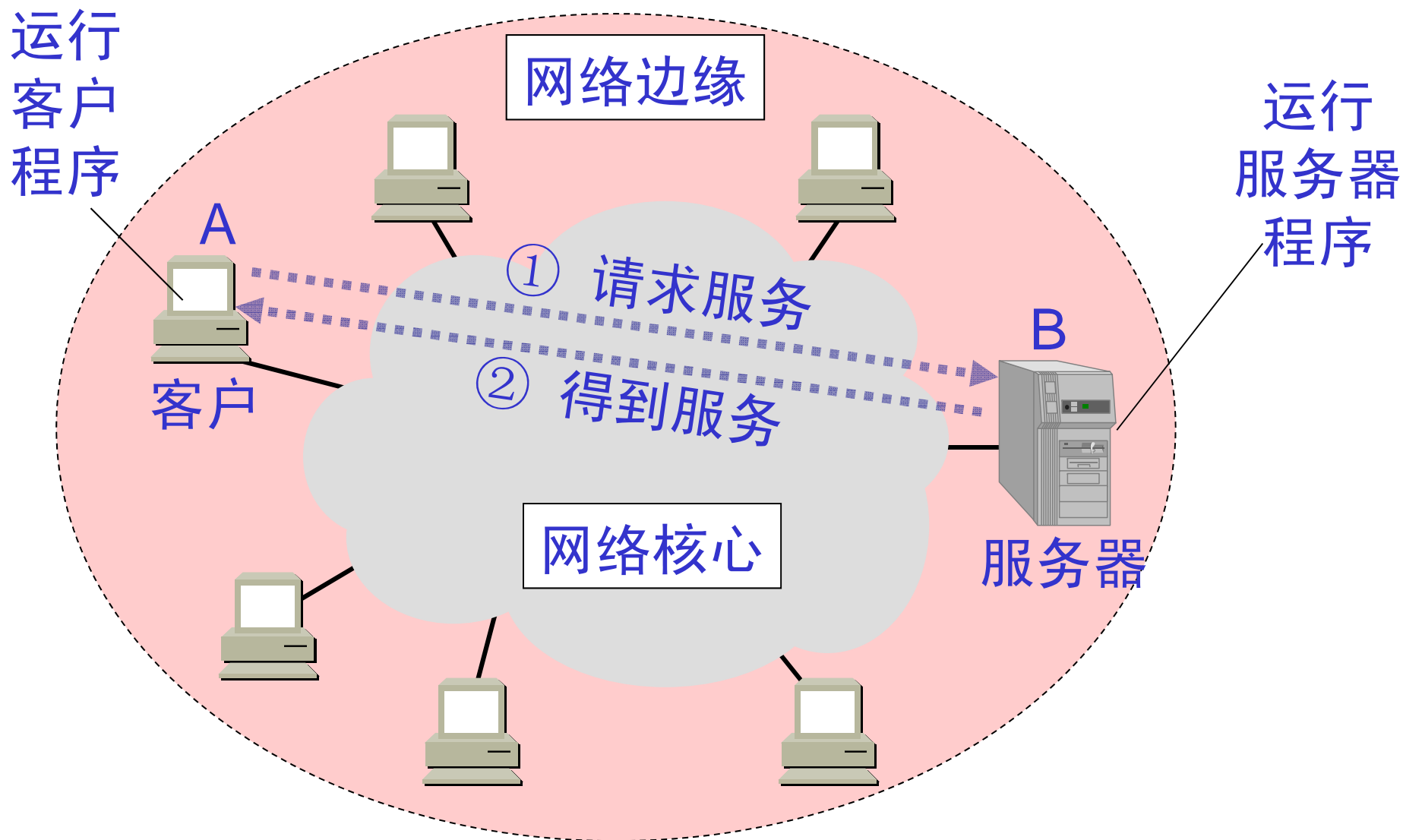
1.3.1 因特网的边缘部分

- 端系统(end system)
 - 处在因特网边缘的部分就是连接在因特网上的所有的主机。
- 主机 A 和主机 B 进行通信
 - 运行在主机 A 上的某个程序和运行在主机 B 上的另一个程序进行通信。
 - 即“主机 **A** 的某个进程和主机 **B** 上的另一个进程进行通信”。
 - 简称为“计算机之间通信”



客户服务器通信方式(C/S)

- 客户服务器描述进程之间服务和被服务关系。
- 客户软件——服务的请求方
 - 主动向远地服务器发起通信（请求服务）。
 - 客户程序必须知道服务器程序的地址。
 - 不需要特殊的硬件和很复杂的操作系统。
- 服务器软件——服务的提供方
 - 提供某种服务的程序，同时处理多个客户请求。
 - 一直不断地运行，被动地等待并接受来自客户的通信请求。
 - 服务器程序不需要知道客户程序的地址。
 - 一般需要强大的硬件和高级的操作系统支持



客户 A 向服务器 B 发出请求服务，
而服务器 B 向客户 A 提供服务。



2. 对等连接方式

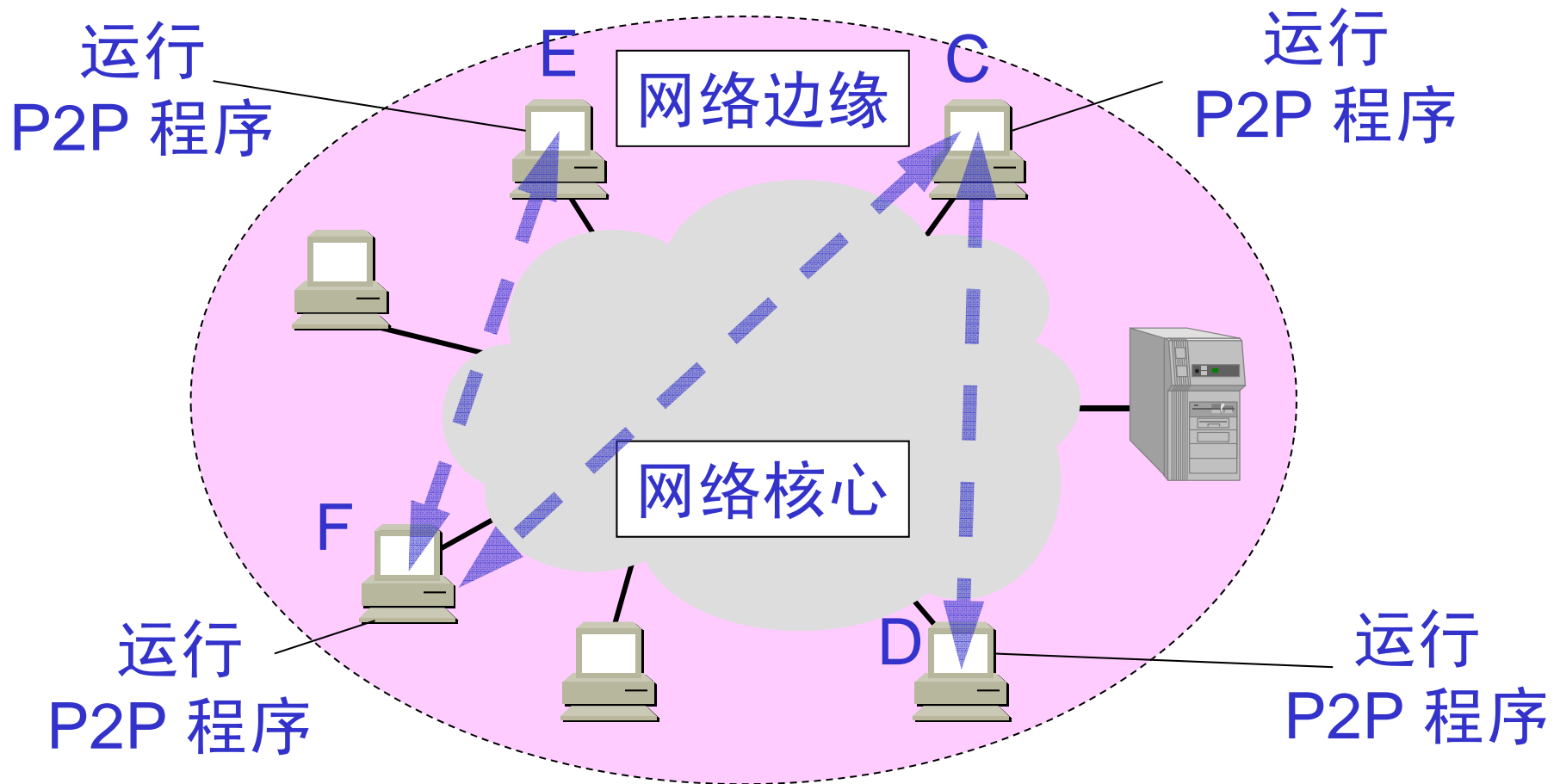
- **对等连接** (peer-to-peer, 简写为 **P2P**) 是指两个主机在通信时并不区分哪一个是服务请求方还是服务提供方。
- 只要两个主机都运行了对等连接软件 (P2P 软件), 它们就可以进行**平等的、对等连接通信**。
- 双方都可以下载对方已经存储在硬盘中的共享文档。



对等连接方式的特点

- 对等连接方式从本质上看仍然是使用客户服务器方式，只是对等连接中的每一个主机既是客户又同时是服务器。
- 例如主机 C 请求 D 的服务时，C 是客户，D 是服务器。但如果 C 又同时向 F 提供服务，那么 C 又同时起着服务器的作用。

对等网络运行方式

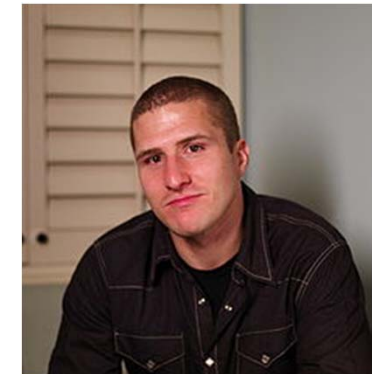
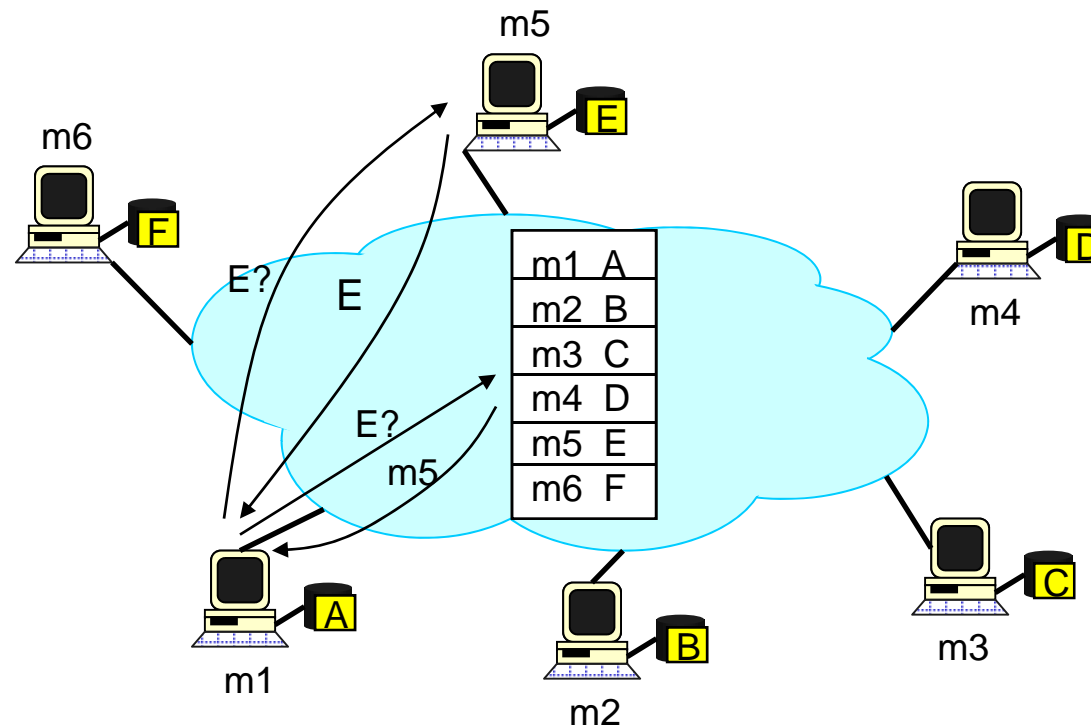


BT SKYPE PPLIVE MAZE

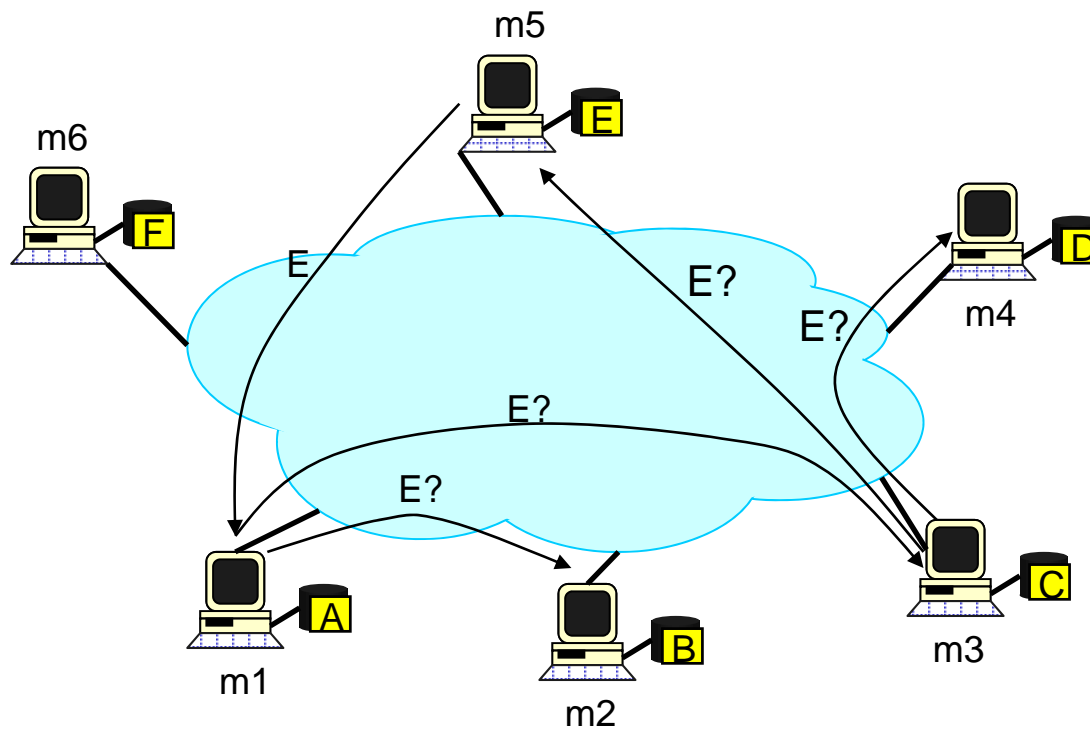
Napster



- 1998, Shawn Fanning (1980), a freshman at Northeastern University.
- May 1999, Napster Inc.——P2P标志
- 1999年，五大唱片公司起诉Napster，指其涉及侵权。
- 2000年2月，法院判定Napster败诉。Napster提出上诉，二审判其败诉。2002年6月，Napster宣告破产。



Gnutella





1.3.2 因特网的核心部分

■ 网络中的核心部分作用

- 向网络边缘中的大量主机提供连通性，使边缘部分中的任何一个主机都能够同其他主机通信（即传送或接收各种形式的数据）。

■ 网络核心部分主要设备是路由器(router)。

- 路由器是实现分组交换(packet switching)的关键构件，其任务是转发收到的分组，这是网络核心部分最重要的功能。

分组交换与电路交换

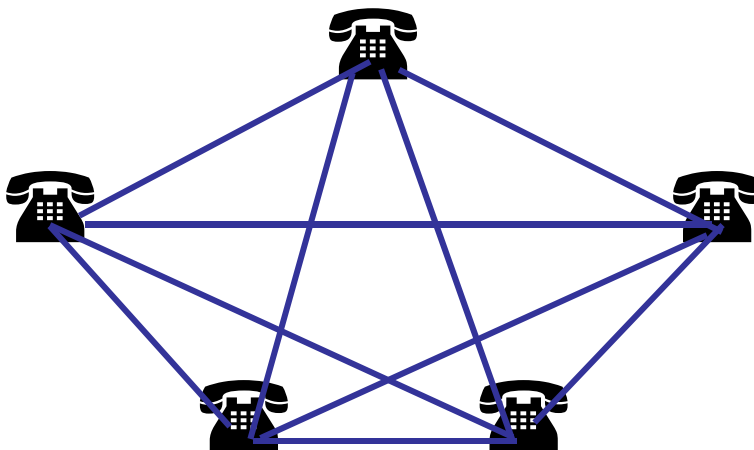
■ 电路交换

- 两部电话机只需要用一对电线就能够互相连接起来。



更多的电话机互相连通

- 5 部电话机两两相连，需 10 对电线。

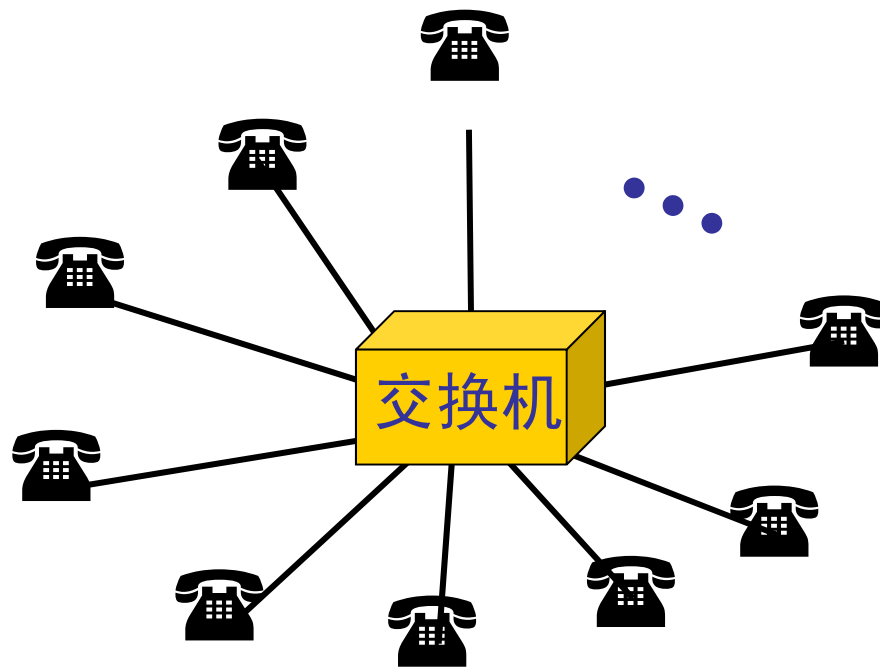


- N 部电话机两两相连，需 $N(N - 1)/2$ 对电线。
- 当电话机的数量很大时，这种连接方法需要的电线对的数量与电话机数的平方成正比。

使用交换机



- 当电话机的数量增多时，就要使用交换来完成全网交换任务。



Almon Brown Strowger (1839-1902) operator - get off the line!

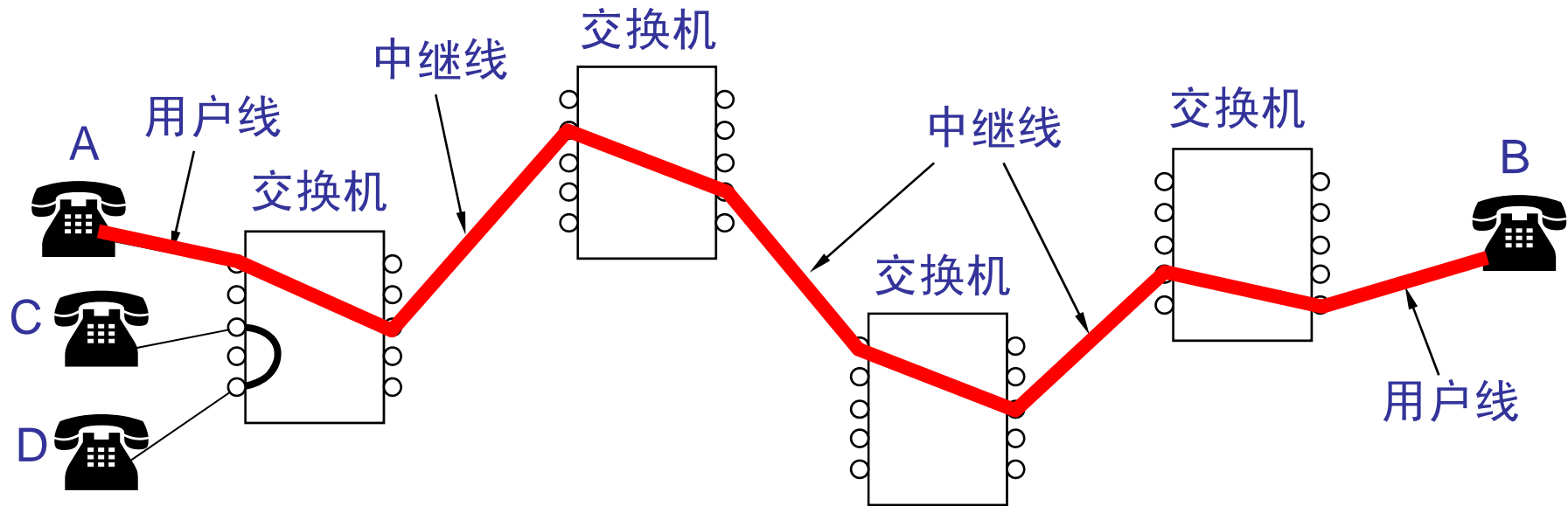


“交换”的含义

- “**交换**” (switching) 的含义就是**转接**——把一条电话线转接到另一条电话线，使它们连通起来。
- 从通信资源的分配角度来看，“交换”就是按照某种方式**动态地分配**传输线路的资源。

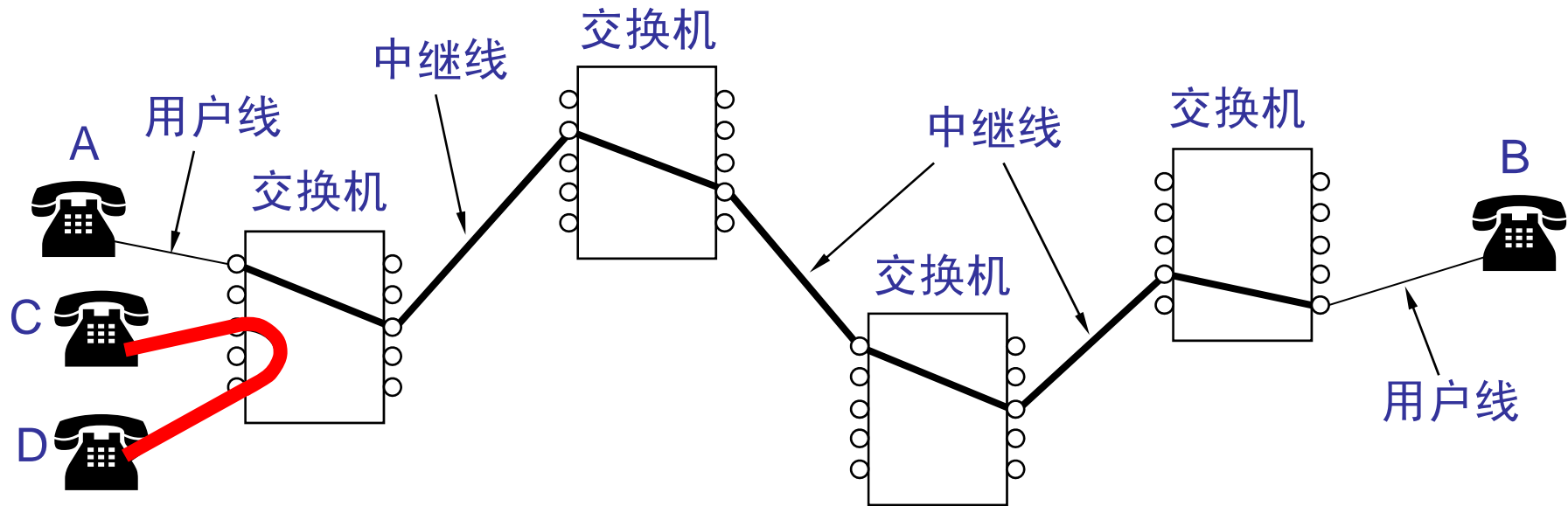
电路交换举例

- 电路交换必定是面向连接的：
 - 建立连接、通信、释放连接
- A 和 B 通话在经过4个交换机的连接上进行



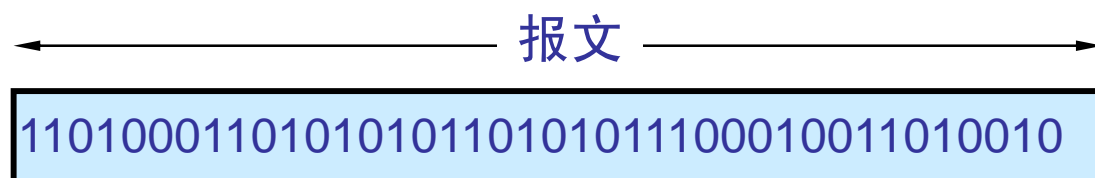
电路交换举例

- C 和 D 通话只经过一个本地交换机
- 通话在 C 到 D 的连接上进行



2. 分组交换的主要特点

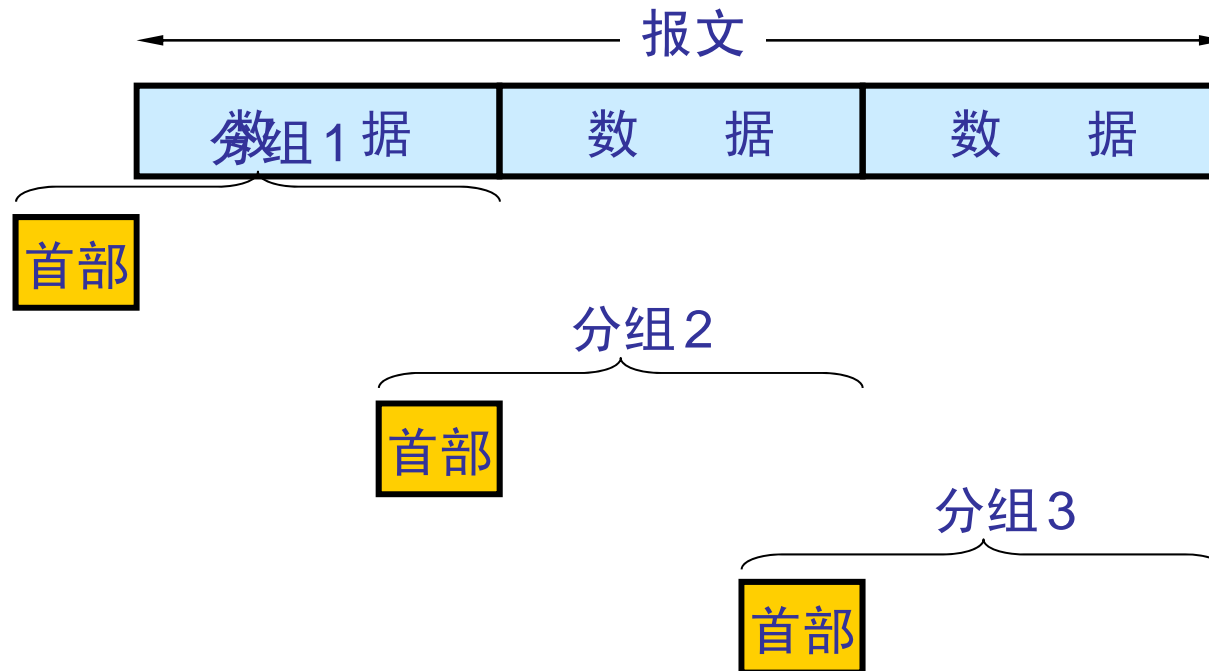
- 在发送端，先把较长的报文划分成较短的、固定长度的数据段。



假定这个报文较长
不便于传输

添加首部构成分组

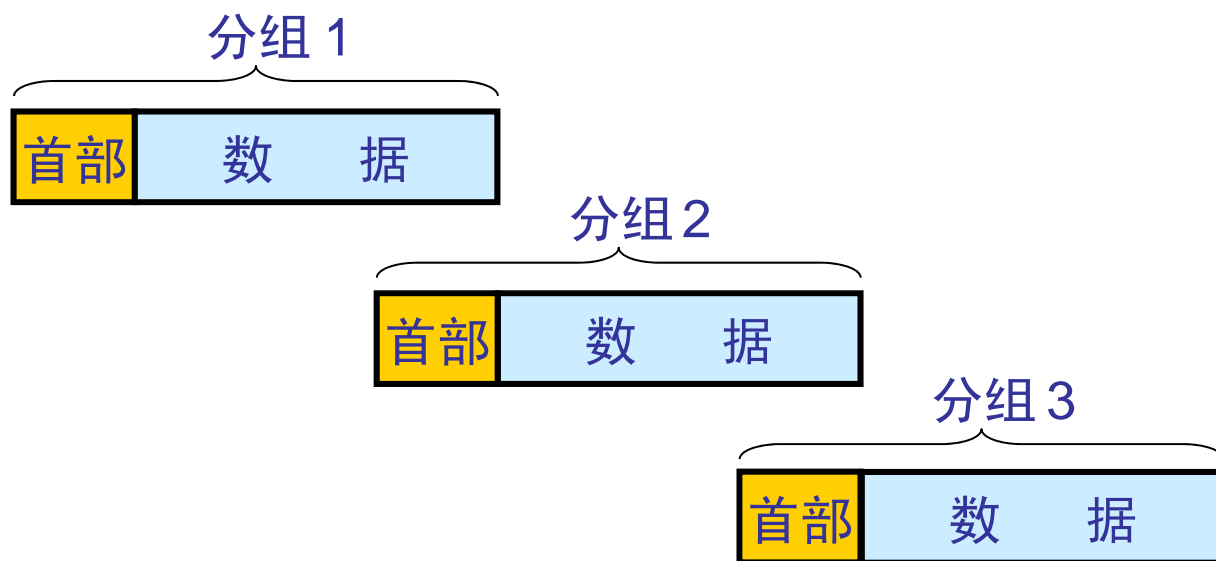
- 每一个数据段前面添加上首部构成分组。



请注意：现在左边是“前面”

分组交换的传输单元

- 分组交换网以“**分组**”作为数据传输单元。
- **依次**把各分组发送到接收端（假定接收端在左边）。



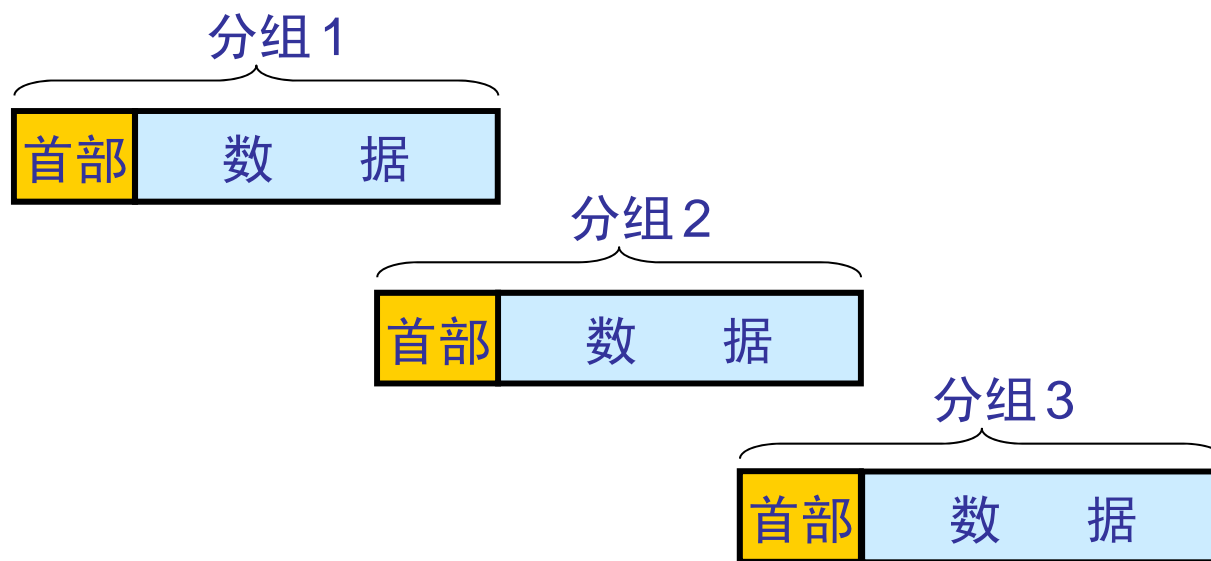


分组首部的重要性

- 每一个分组的首部都含有地址等控制信息。
- 分组交换网中的结点交换机根据收到的分组的首部中的地址信息，把分组转发到下一个结点交换机。
- 用这样的存储转发方式，最后分组就能到达最终目的地。

收到分组后剥去首部

- 接收端收到分组后剥去首部还原成报文。

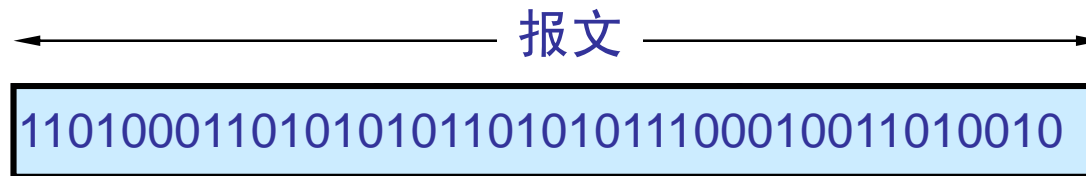


收到的数据



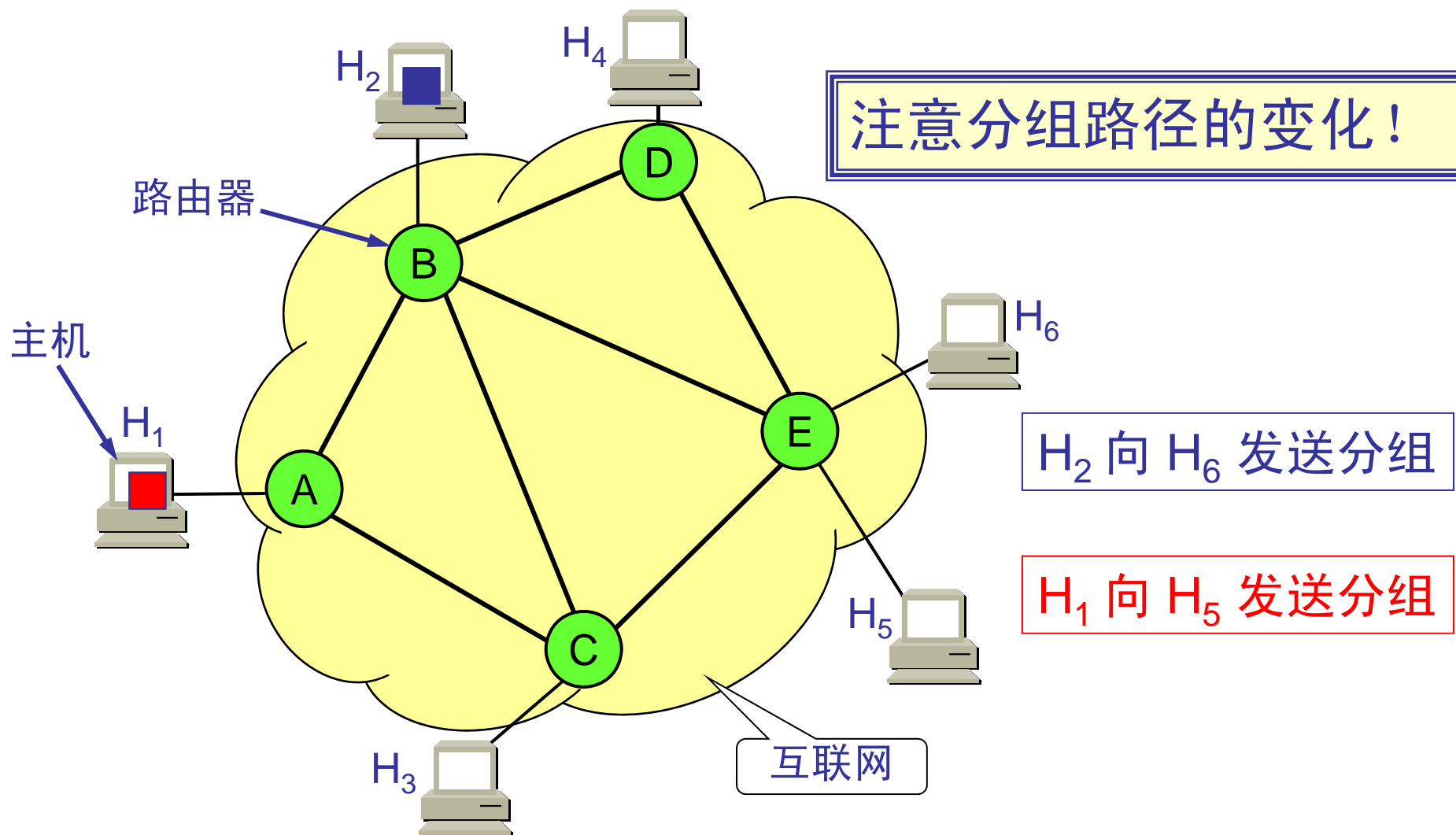
最后还原成原来的报文

- 最后，在接收端把收到的数据恢复成为原来的报文。

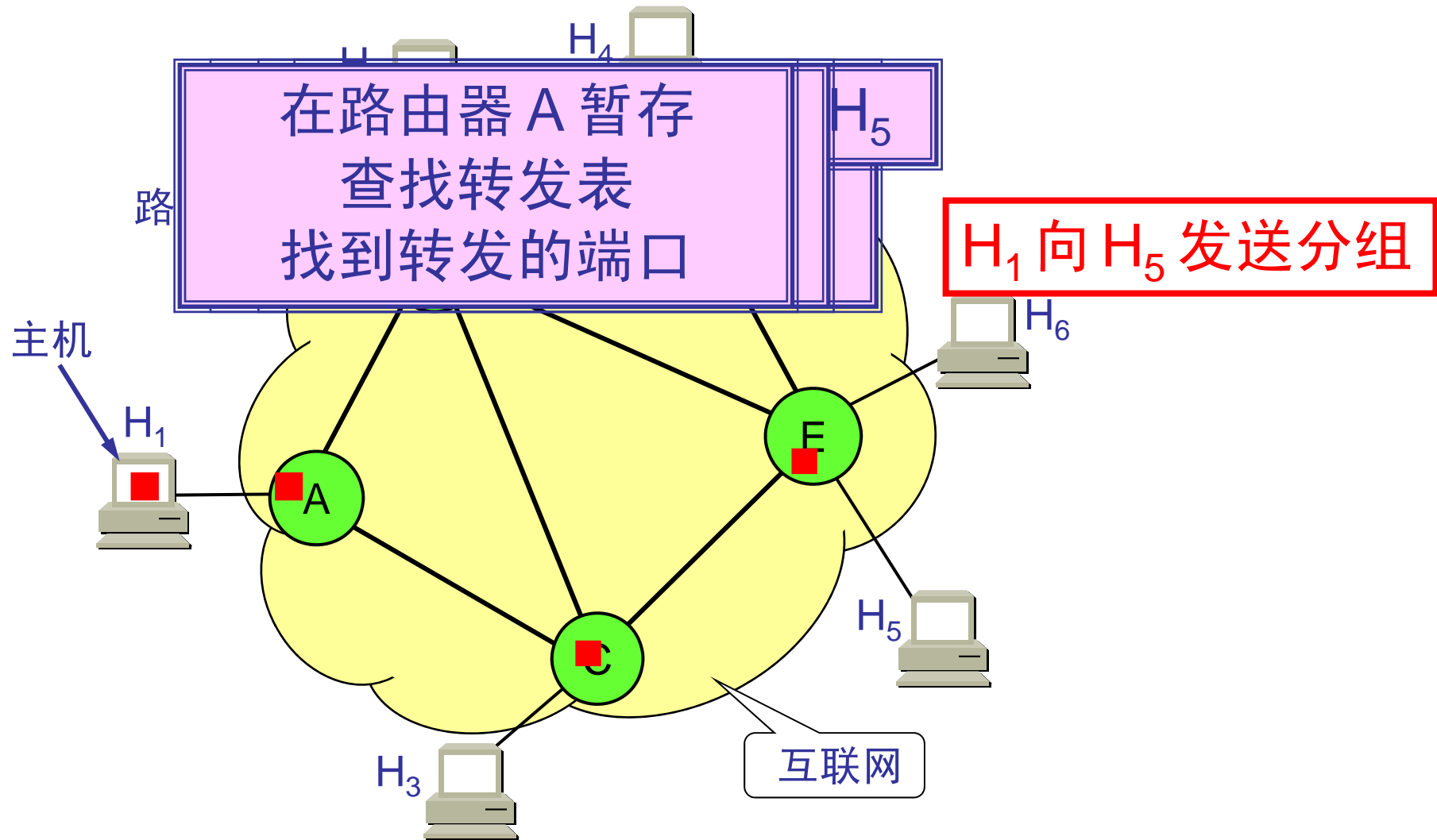


- 这里我们假定分组在传输过程中没有出现差错，在转发时也没有被丢弃。

分组交换网的示意图



注意分组的存储转发过程





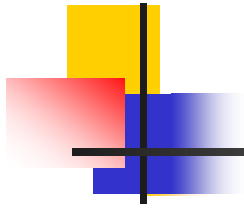
路由器

- 在路由器中的输入和输出端口之间**没有直接连线**。
- 路由器处理分组的过程是：
 - 把收到的分组先放入**缓存（暂时存储）**；
 - 查找**转发表**，找出到某个目的地址应从哪个端口转发；
 - 把分组送到适当的**端口**转发出去。



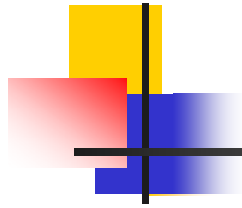
电路交换 VS. 分组交换

- 计算机数据具有突发性。
 - 这导致通信线路的利用率很低。
- 分组交换
 - **高效** 动态分配传输带宽，对通信链路是逐段占用。
 - **灵活** 以分组为传送单位和查找路由。
 - **迅速** 不必先建立连接就能向其他主机发送分组。
 - **可靠** 保证可靠性的网络协议；分布式的路由选择协议使网络有很好的生存性。



分组交换带来的问题

- 分组在各结点存储转发时需要**排队**，这就会造成一定的**时延**。
- 分组必须携带的首部（里面有必不可少的控制信息）也造成了一定的**开销**。

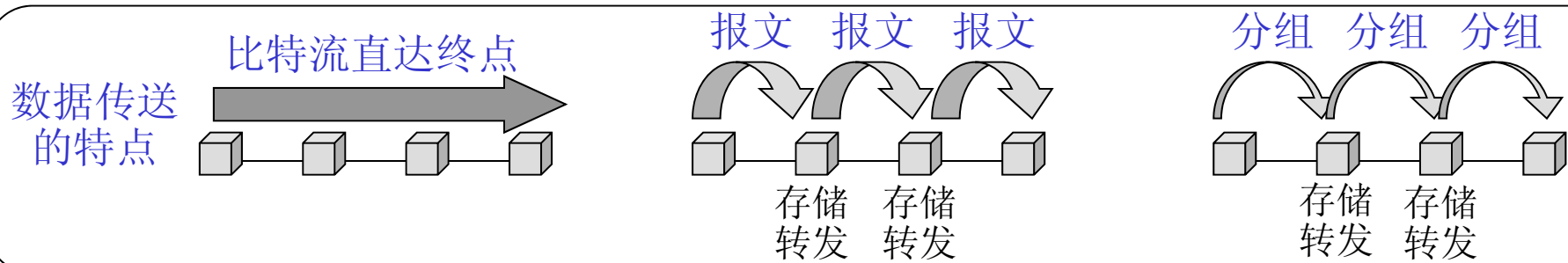
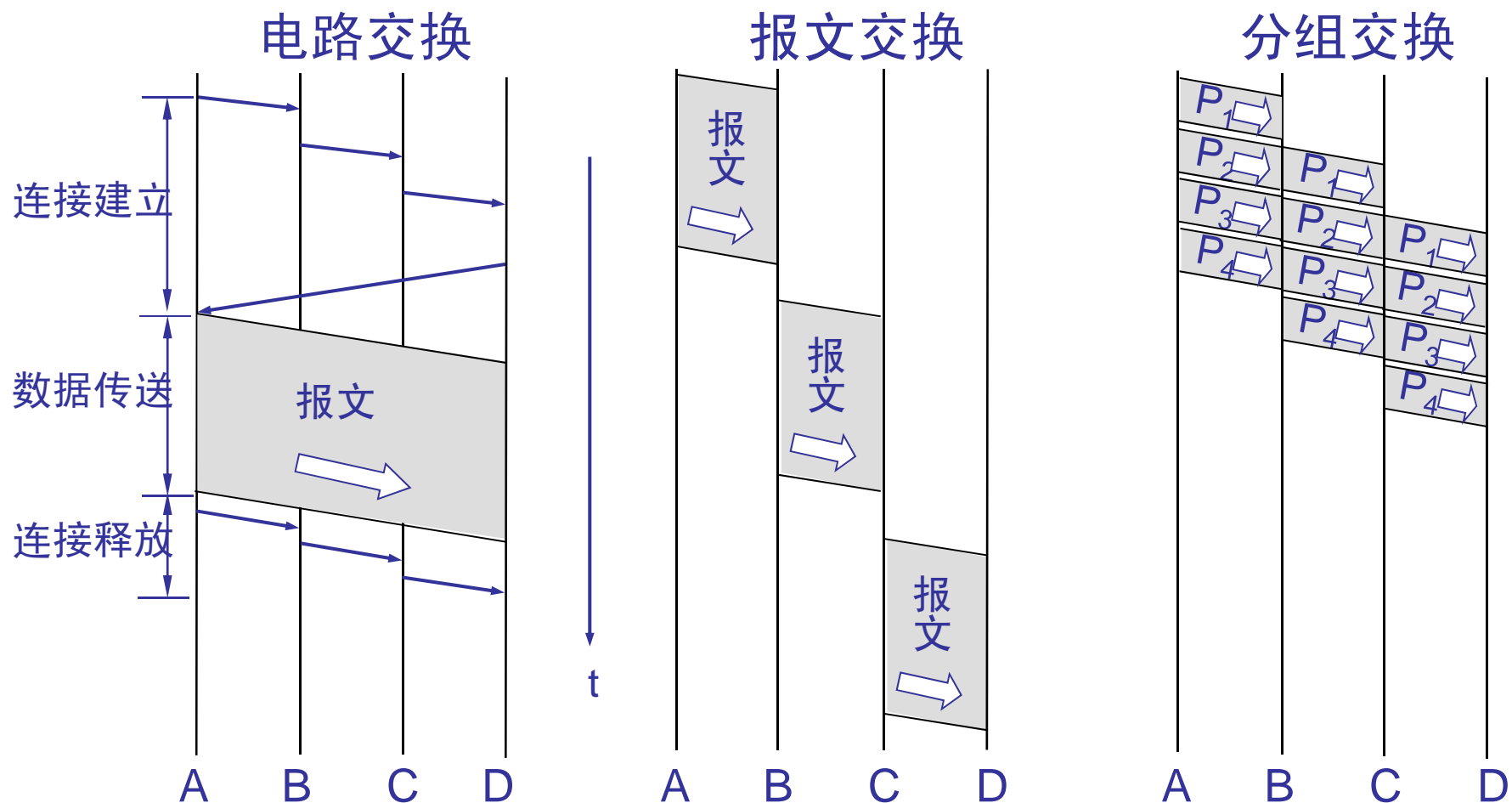


存储转发原理

并非完全新的概念

- 在 20 世纪 40 年代，电报通信也采用了基于存储转发原理的**报文交换** (message switching)。
- 报文交换的时延较长，从几分钟到几小时不等。现在报文交换已经很少有人使用了。

三种交换的比较



分组交换（小故事）

- Leonard Kleinrock（MIT）提出分组交换

- 1961: “Information Flow in Large Communication Networks”



1964: “Communication Nets: Stochastic Message Flow and Delay”

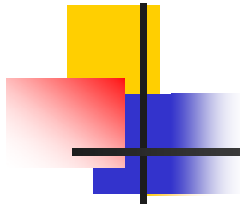
2000: Never expected that my mom(99) can surf on Internet;

- Mobile Computing & Intelligent Space

- Paul Baran

- 1964: “On Distributed Communication Networks”

- VS. AT&T



1.5 计算机网络的分类

■ 1.5.1 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。
- 因特网(Internet)是“网络的网络”。

■ 1.5.2 几种不同的类别的网络

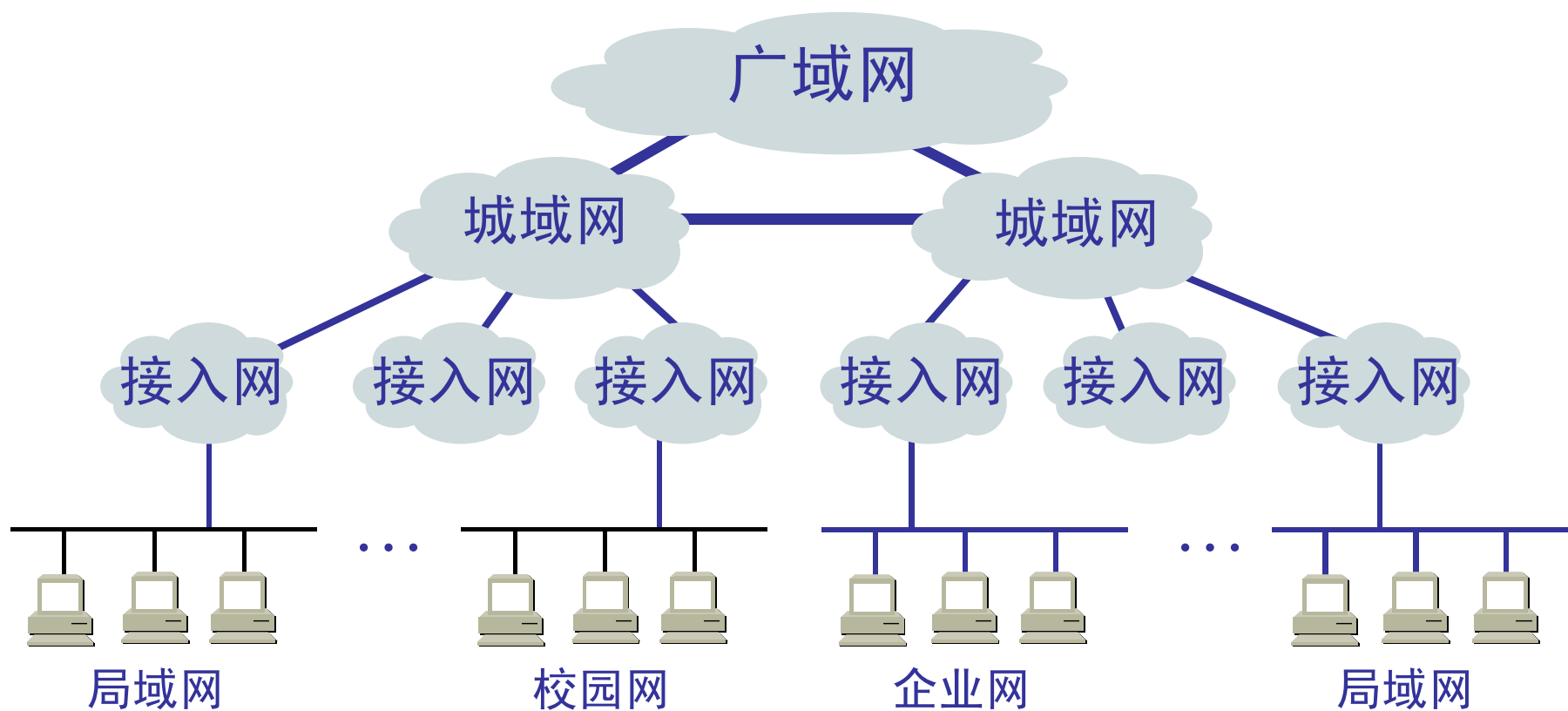
- 不同作用范围的网络
- 从网络的使用者进行分类



1.5.2 几种不同类别的网络

- 从网络的使用者分类
 - 公用网 (public network)
 - 专用网 (private network)
- 从网络功能分类
 - 接入网 AN (Access Network)
 - 让用户能够与因特网连接的“桥梁”作用。
 - 交换网
- 从作用范围分类
 - 广域网 WAN (Wide Area Network)
 - 局域网 LAN (Local Area Network)
 - 城域网 MAN (Metropolitan Area Network)
 - 个人区域网 PAN (Personal Area Network)

广域网、城域网、接入网以及 局域网的关系





1.6 计算机网络的性能

1.6.1 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，意思是一个“**二进制数字**”，因此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，或 kb/s, Mb/s, Gb/s 等
- 速率往往是指**额定速率**或**标称速率**。



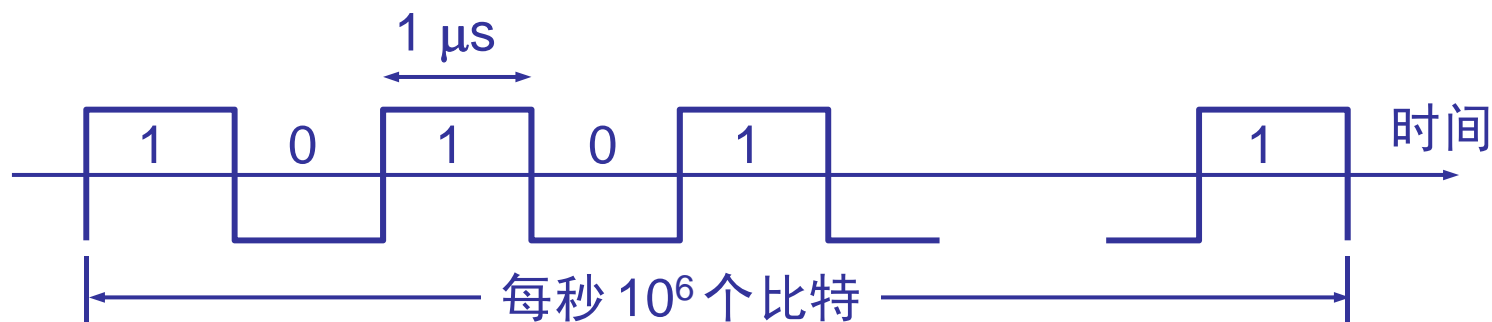
2. 带宽

- “**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)。
- 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)
- $2^{10} = 1024$, $M = 2^{20}$, $G = 2^{30}$, $T = 2^{40}$

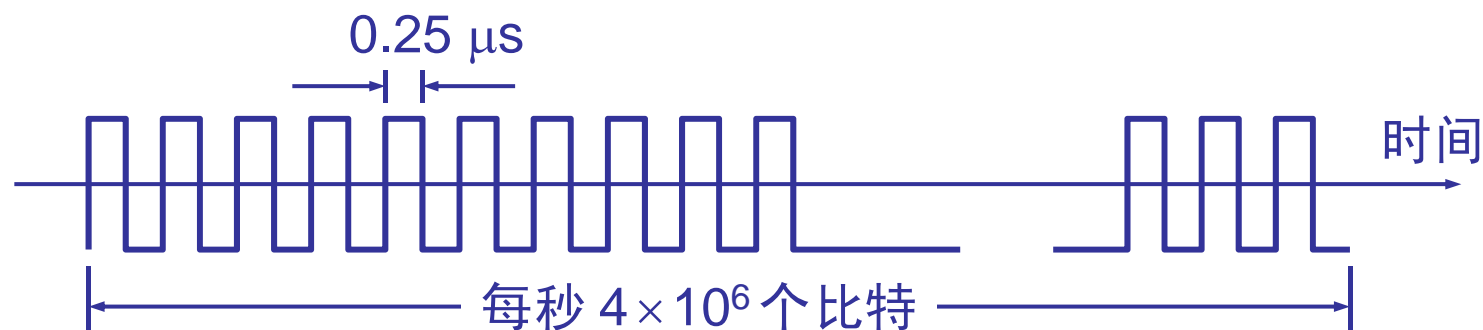
数字信号流随时间的变化

- 在时间轴上信号的宽度随带宽的增大而变窄。

带宽为
1 Mb/s



带宽为
4 Mb/s





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。
- 吞吐量更经常地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)

■ 传输时延 (发送时延)

- 发送数据时，数据块从结点进入到传输媒体需要的时间。
- 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。

$$\text{发送时延} = \frac{\text{数据块长度 (比特)}}{\text{信道带宽 (比特/秒)}}$$

■ 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。

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



时延(delay 或 latency)

■ 传输和传播时延的错误概念

- 高速网络链路，提高的仅仅是数据的发送速率而不是比特在链路上的传播速率。
- 提高链路带宽减小了数据的发送时延。

■ 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。

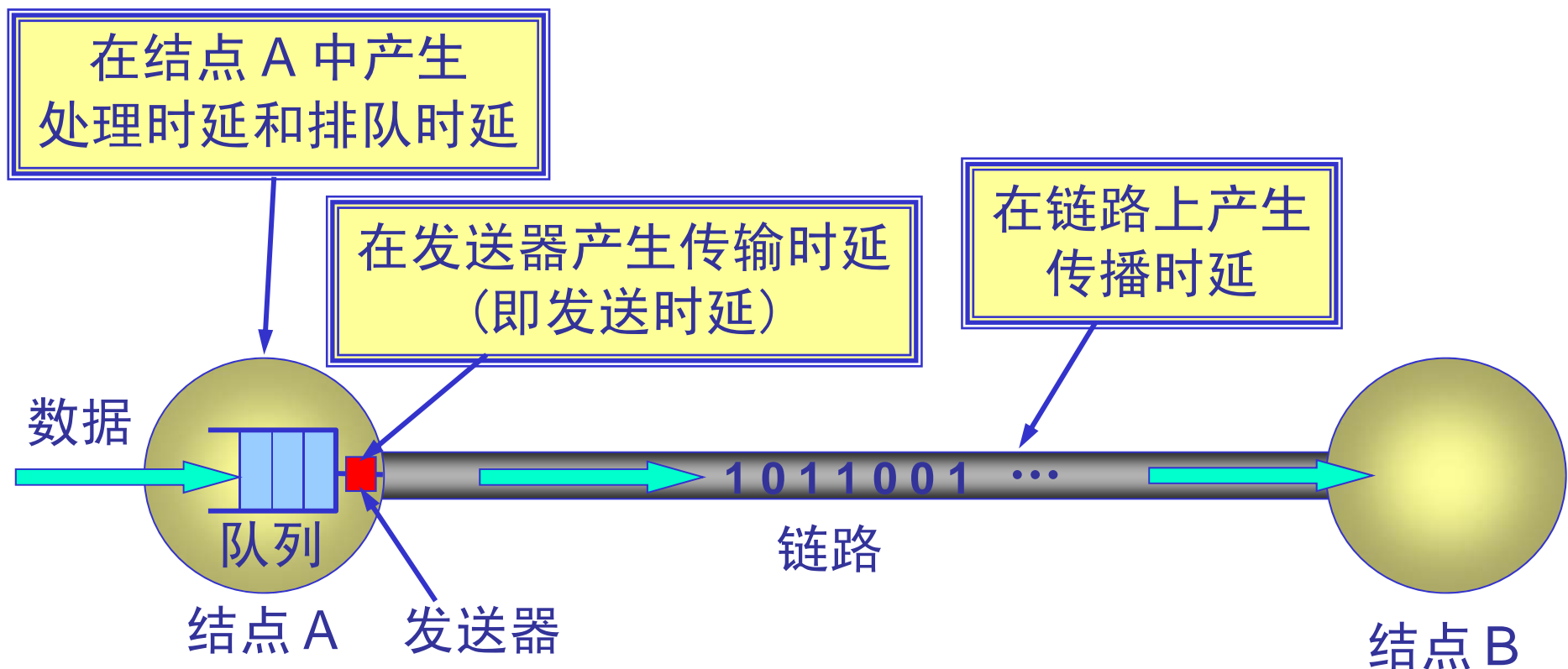
■ 排队时延

- 结点缓存队列中分组排队所经历的时延。
- 取决于网络中当时的通信量。

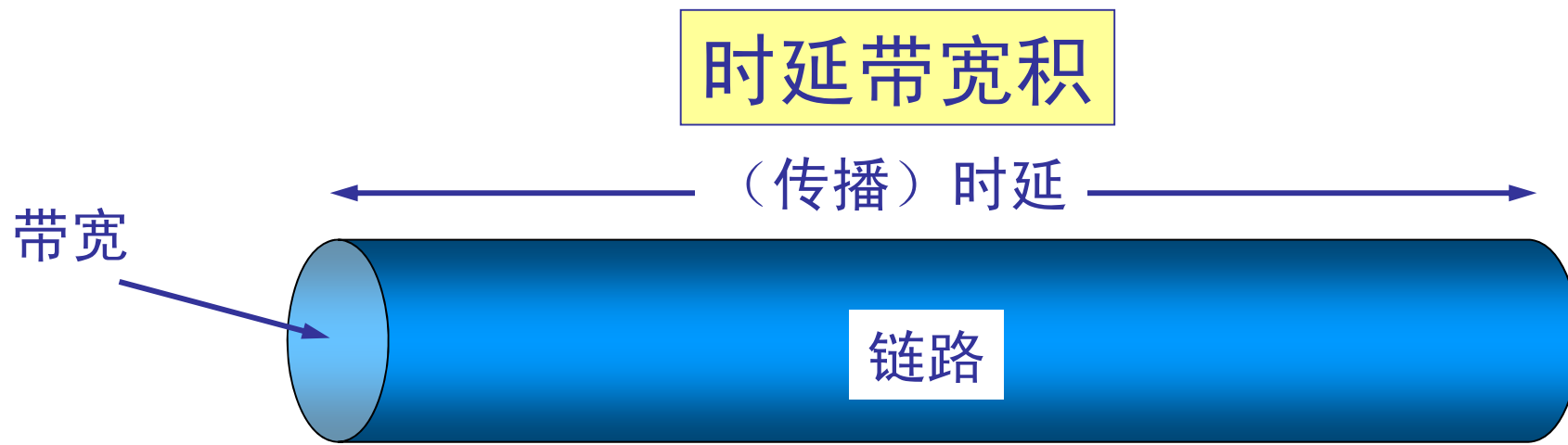
时延(delay 或 latency)

- 数据经历的总时延就是发送时延、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 + 排队时延 + 处理时延



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. 利用率

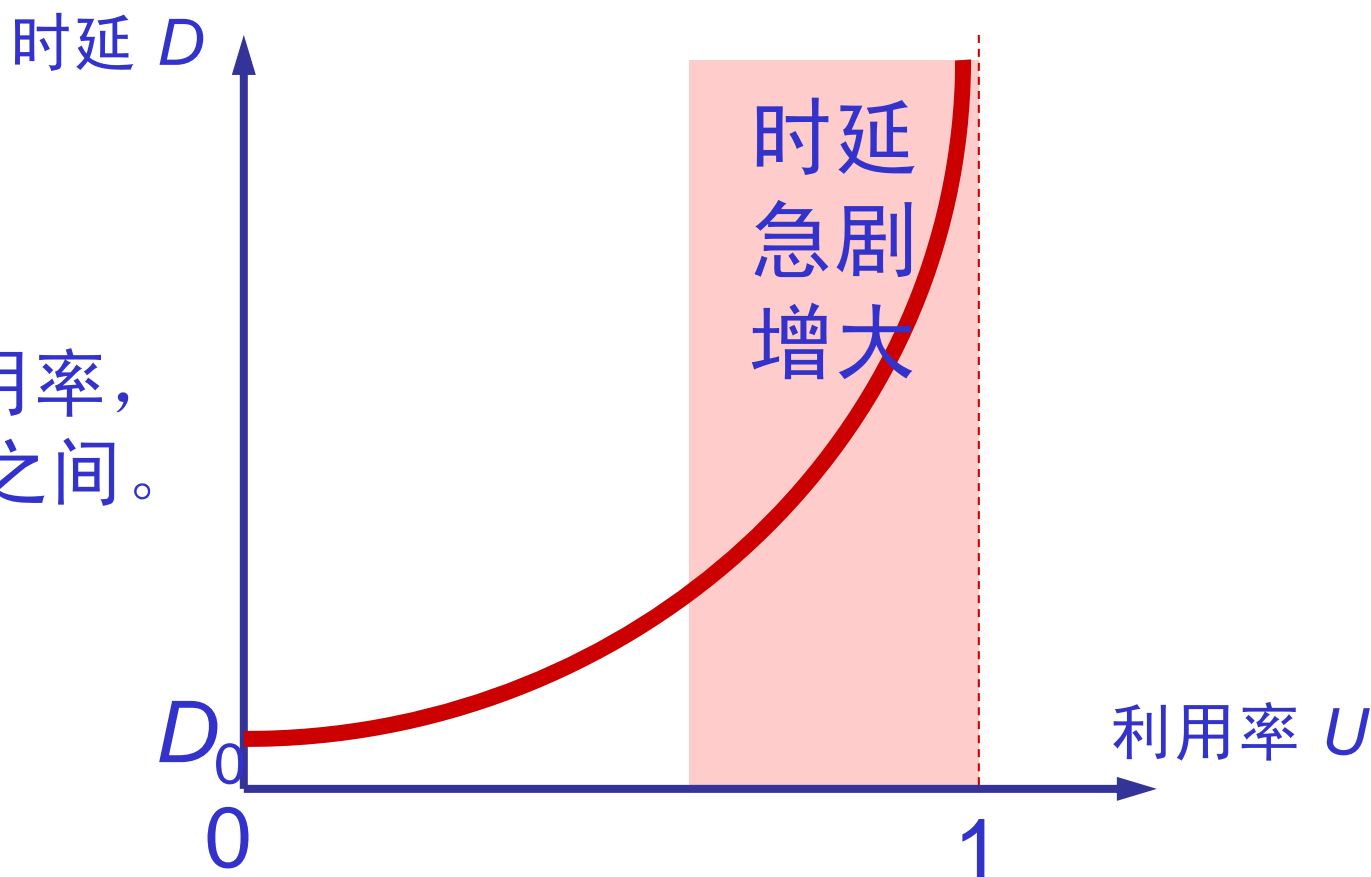
- **信道利用率**指出某信道有百分之几的时间是被利用的（有数据通过）。完全空闲的信道的利用率是零。
- **网络利用率**则是全网络的信道利用率的加权平均值。
- 信道利用率并非越高越好。

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， D 和 D_0 之间的关系为：

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

U 是网络的利用率，数值在 0 到 1 之间。





1.7 计算机网络的体系结构

1.7.1 计算机网络体系结构的形成

- 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。

例子：游览兵马俑



2007-5-22 14:04:59

兵马俑



例子：旅游的分层管理

用户事项层

我要去旅游



兵马俑~~

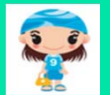


旅行社服务层

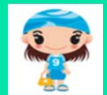
旅行服务



兵马俑



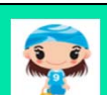
兵马俑



旅游服务



兵马俑



旅游服务



交通单位服务层

青岛站

西安青之旅



西安站

西安青之旅



青之旅

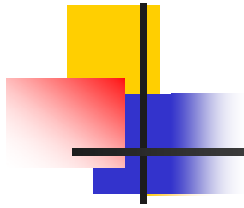
兵马俑



兵马俑站

交通单位运输层





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。



层数多少要适当

- 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。



1.7.2 网络协议

- 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。



网络协议的组成要素

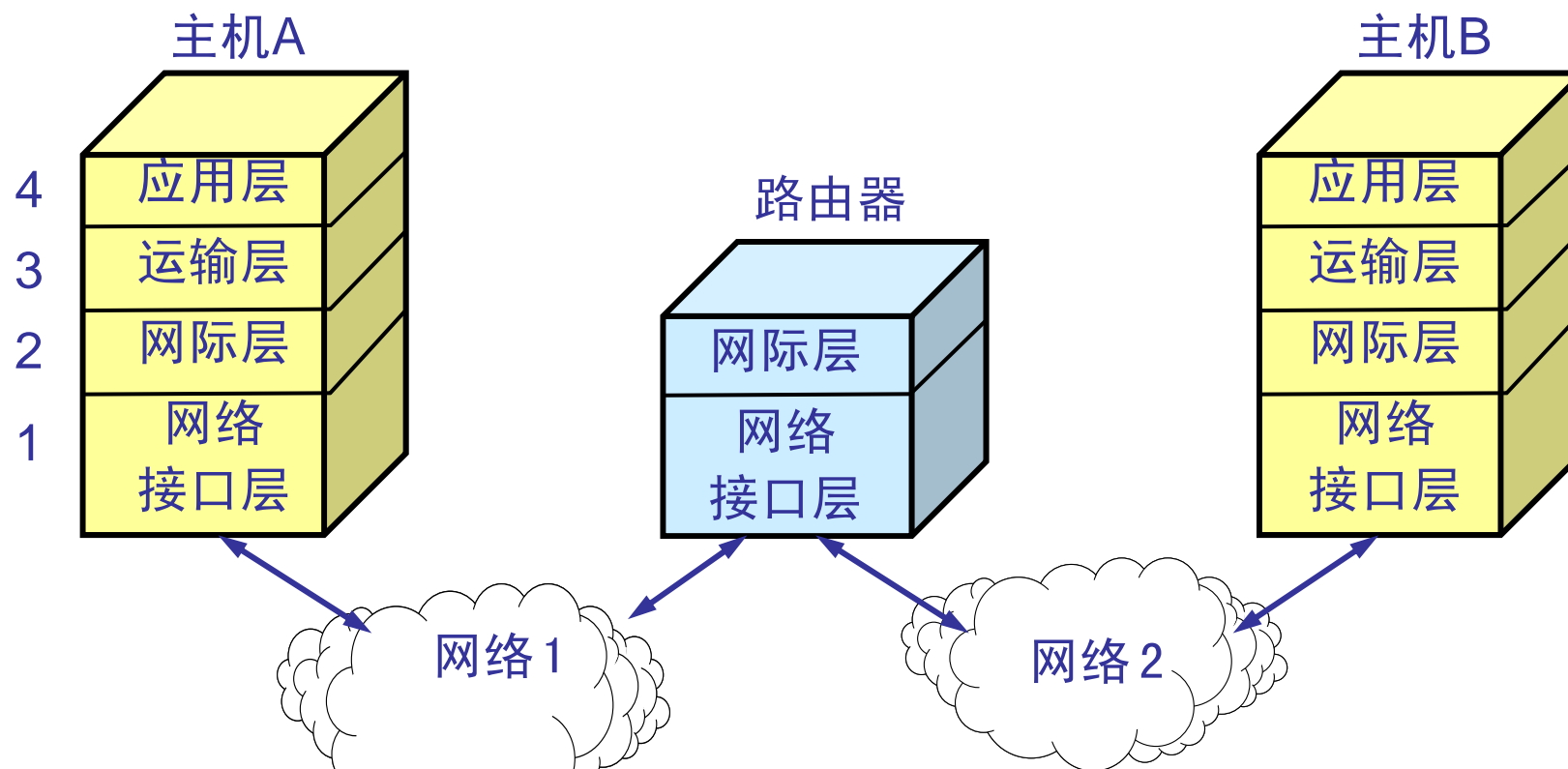
- **语法** 数据与控制信息的结构或格式 。
- **语义** 需要发出何种控制信息，完成何种动作以及做出何种响应。
- **同步** 事件实现顺序的详细说明。



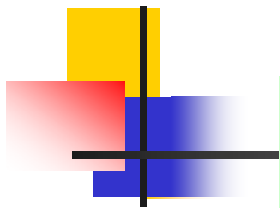
计算机网络的体系结构

- 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。

1.7.5 TCP/IP的体系结构

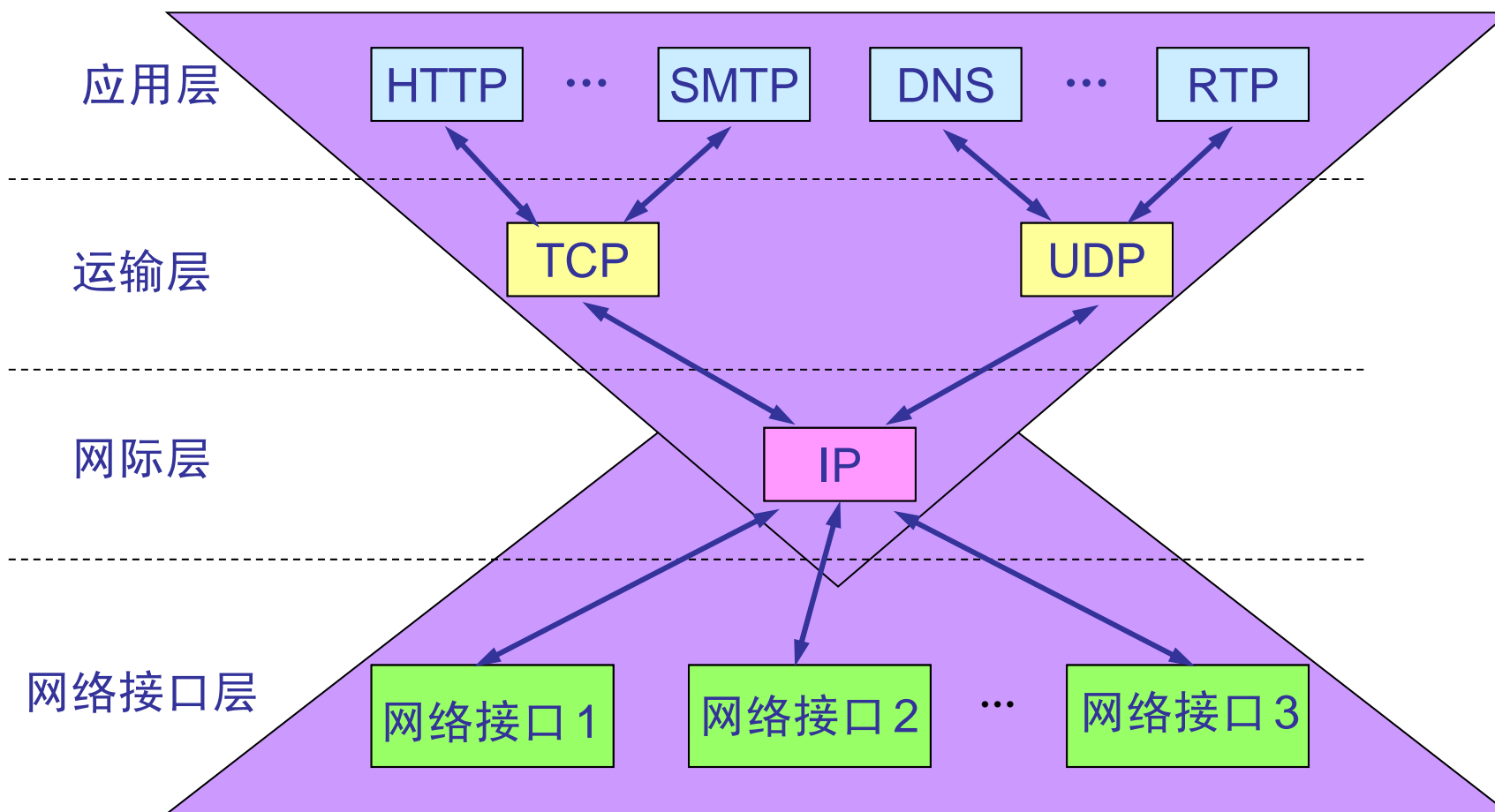


路由器在转发分组时最高只用到网络层而没有使用运输层和应用层。



IP over Everything

IP可应用到各式各样的网络上

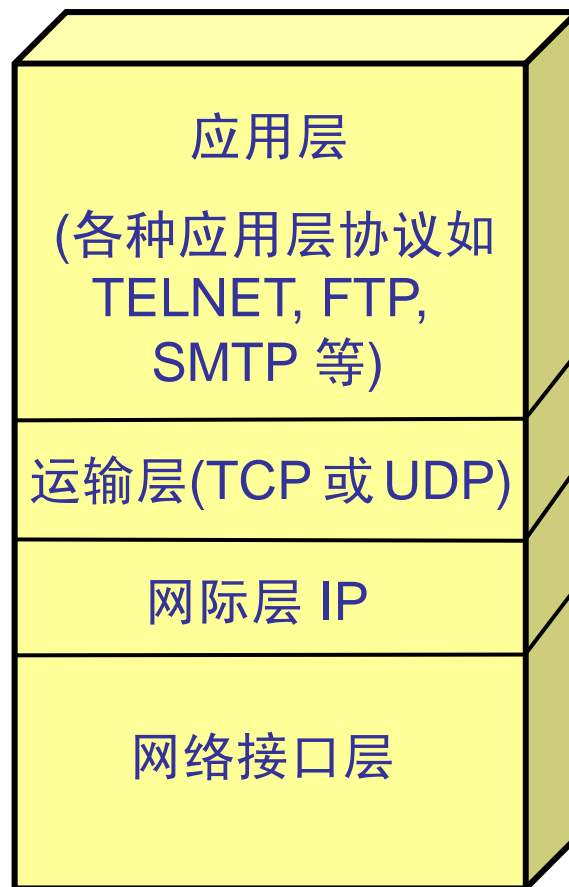


OSI 与 TCP/IP 体系结构的比较

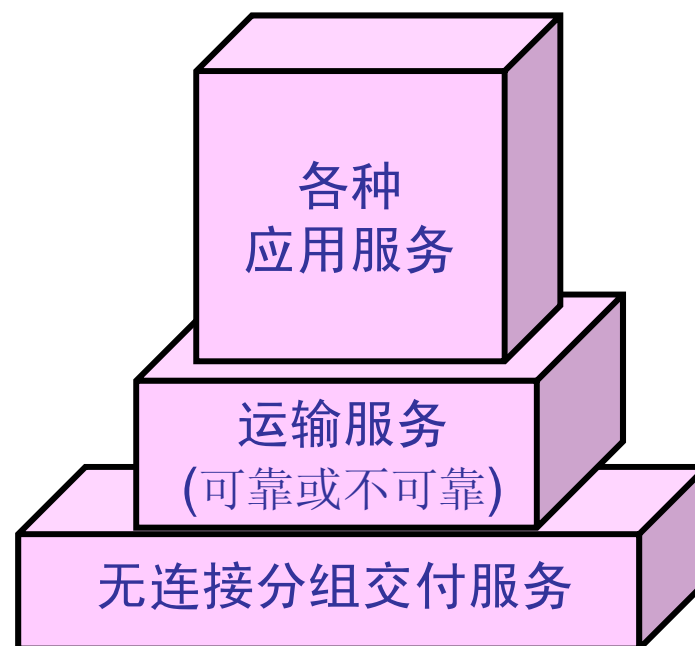
OSI 的体系结构



TCP/IP 的体系结构



TCP/IP 的三个服务层次





1.7.3 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

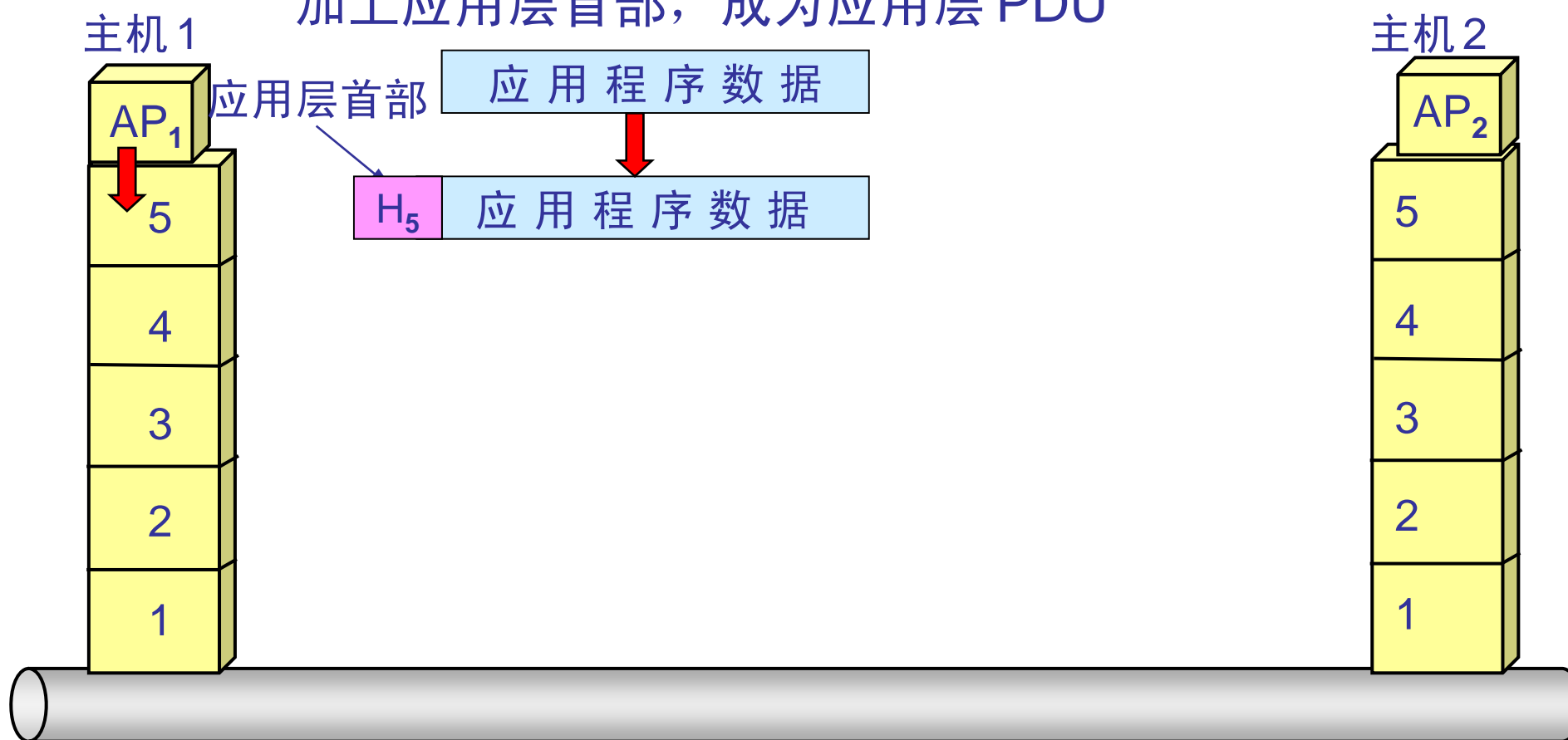


- 应用层 (application layer)
- 运输层 (transport layer)
- 网络层 (network layer)
- 数据链路层 (data link layer)
- 物理层 (physical layer)

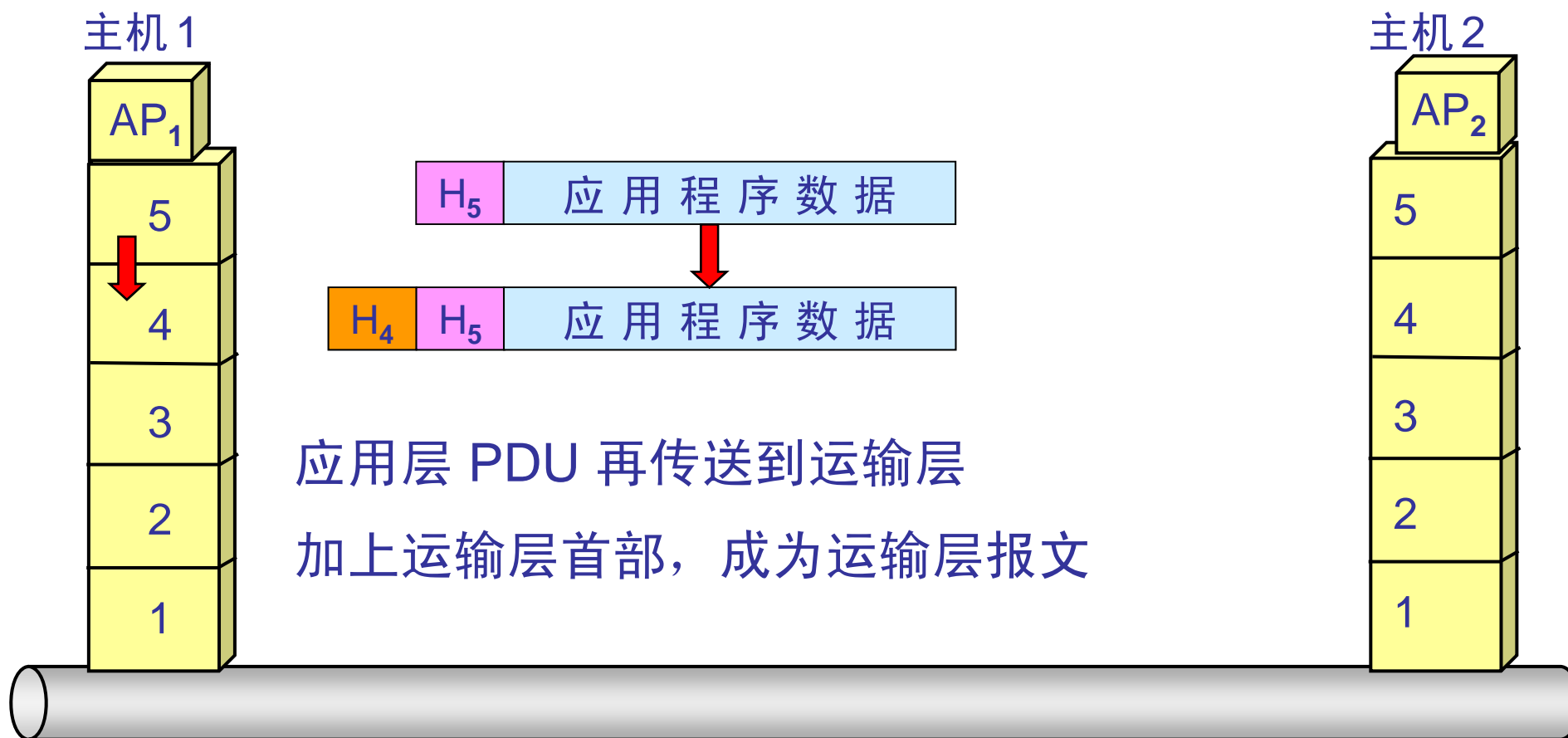
主机 1 向主机 2 发送数据

应用进程数据先传送到应用层

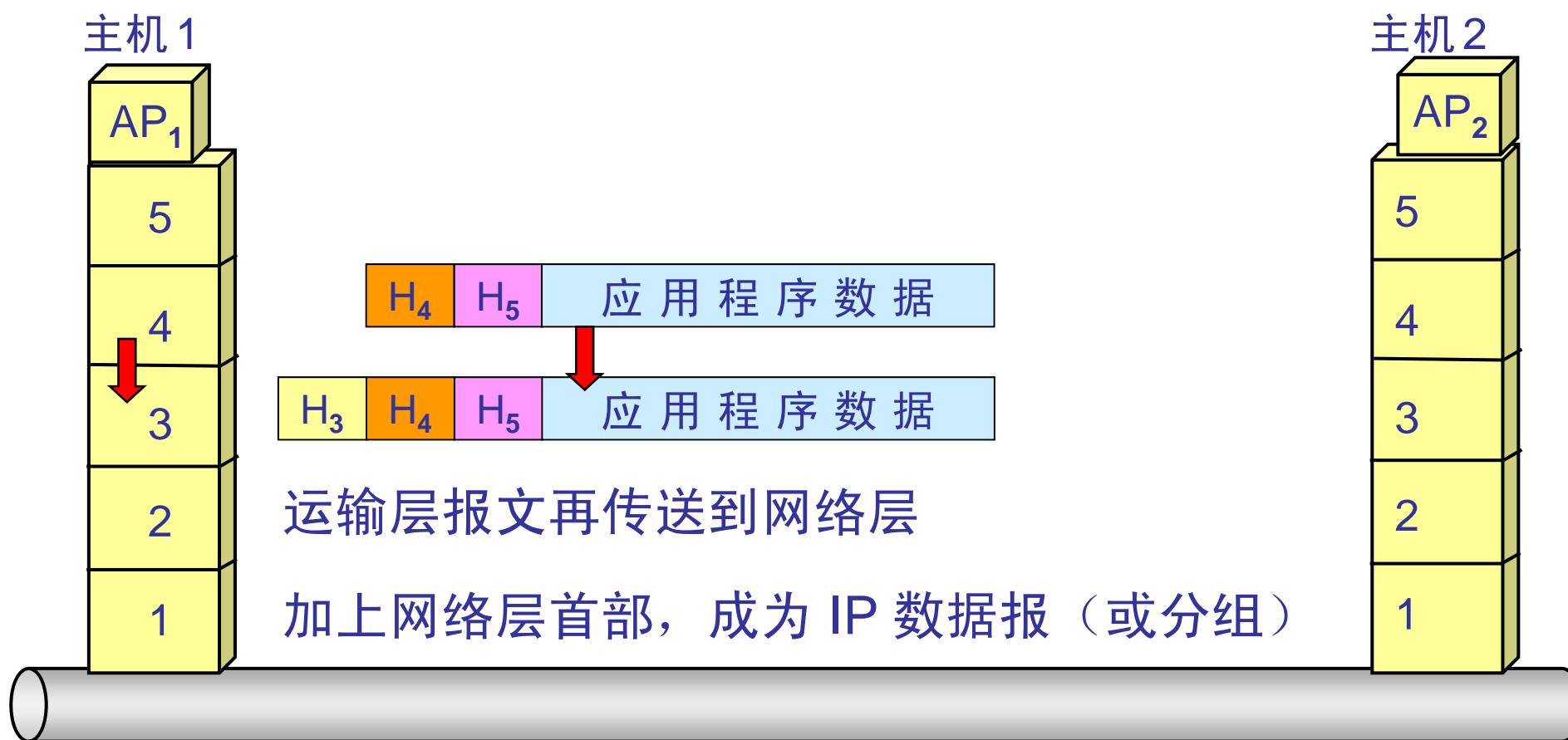
加上应用层首部，成为应用层 PDU



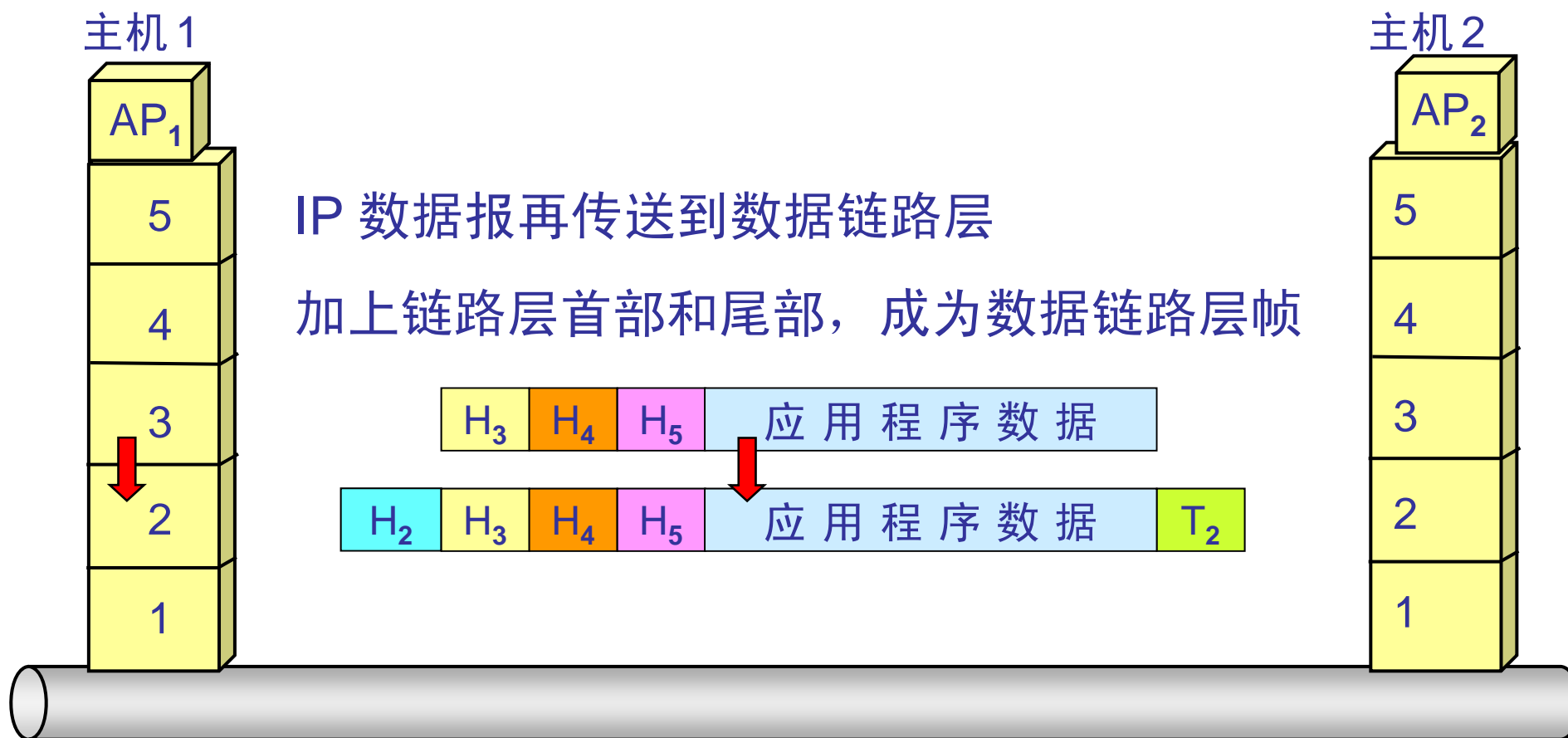
主机 1 向主机 2 发送数据



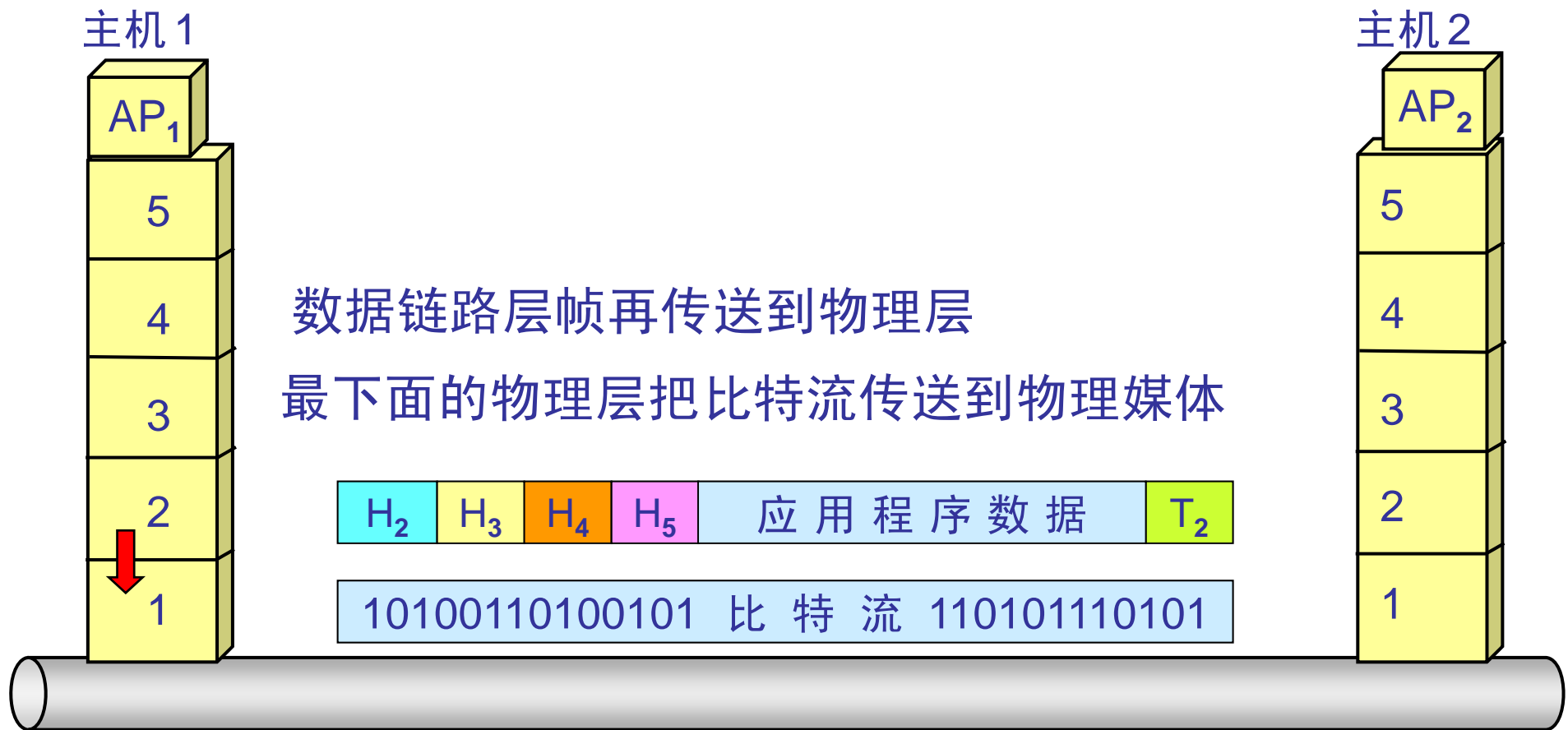
主机 1 向主机 2 发送数据



主机 1 向主机 2 发送数据



主机 1 向主机 2 发送数据



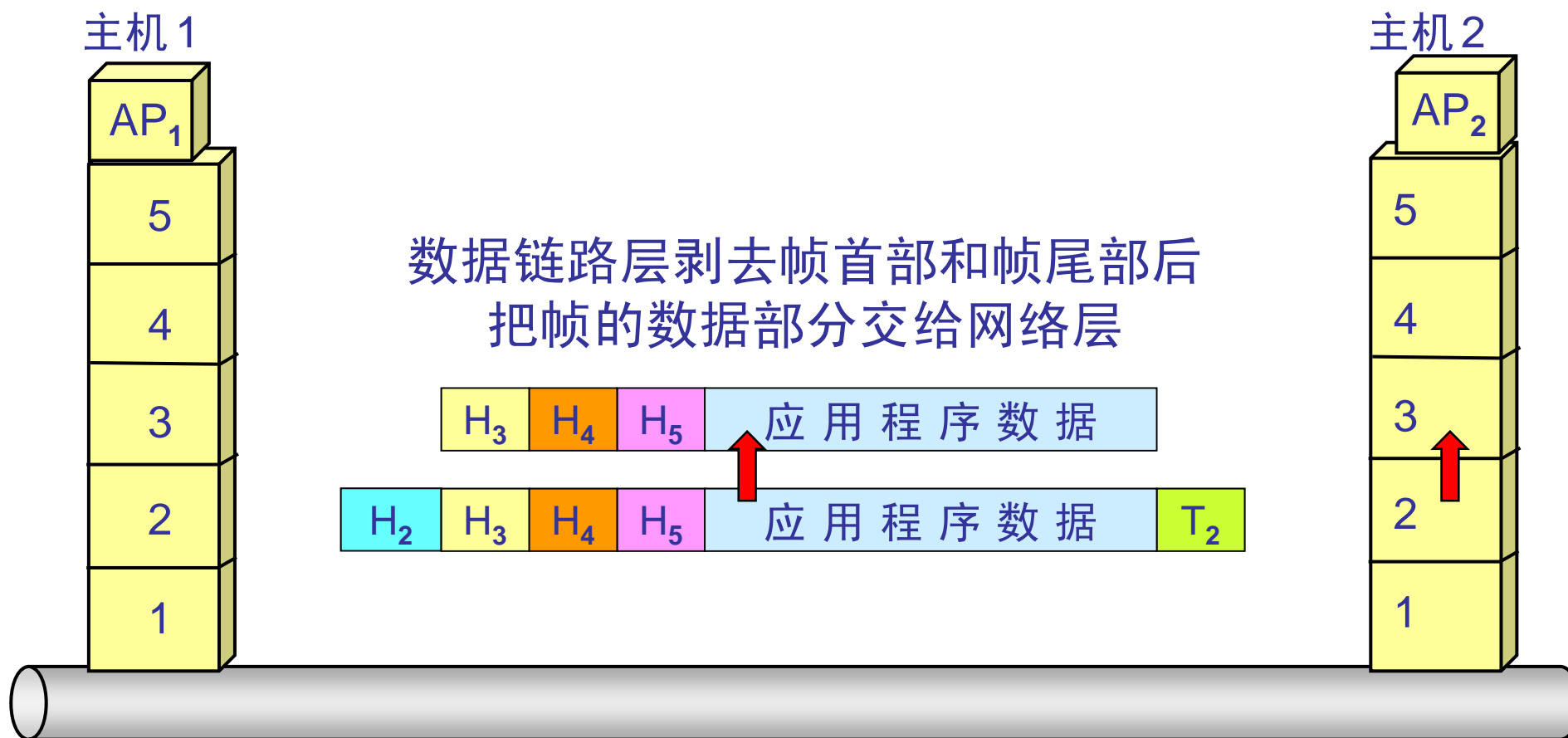
主机 1 向主机 2 发送数据



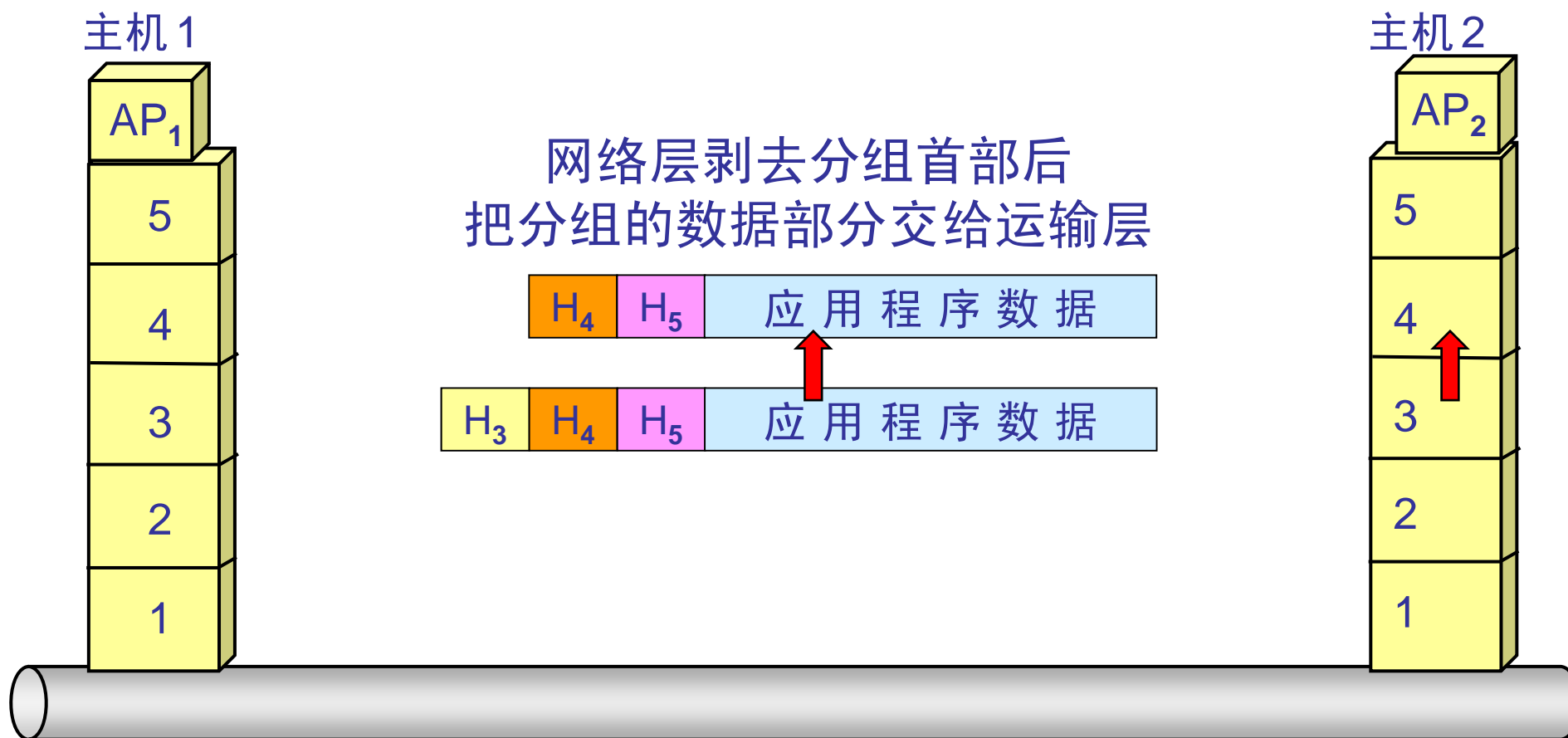
主机 1 向主机 2 发送数据



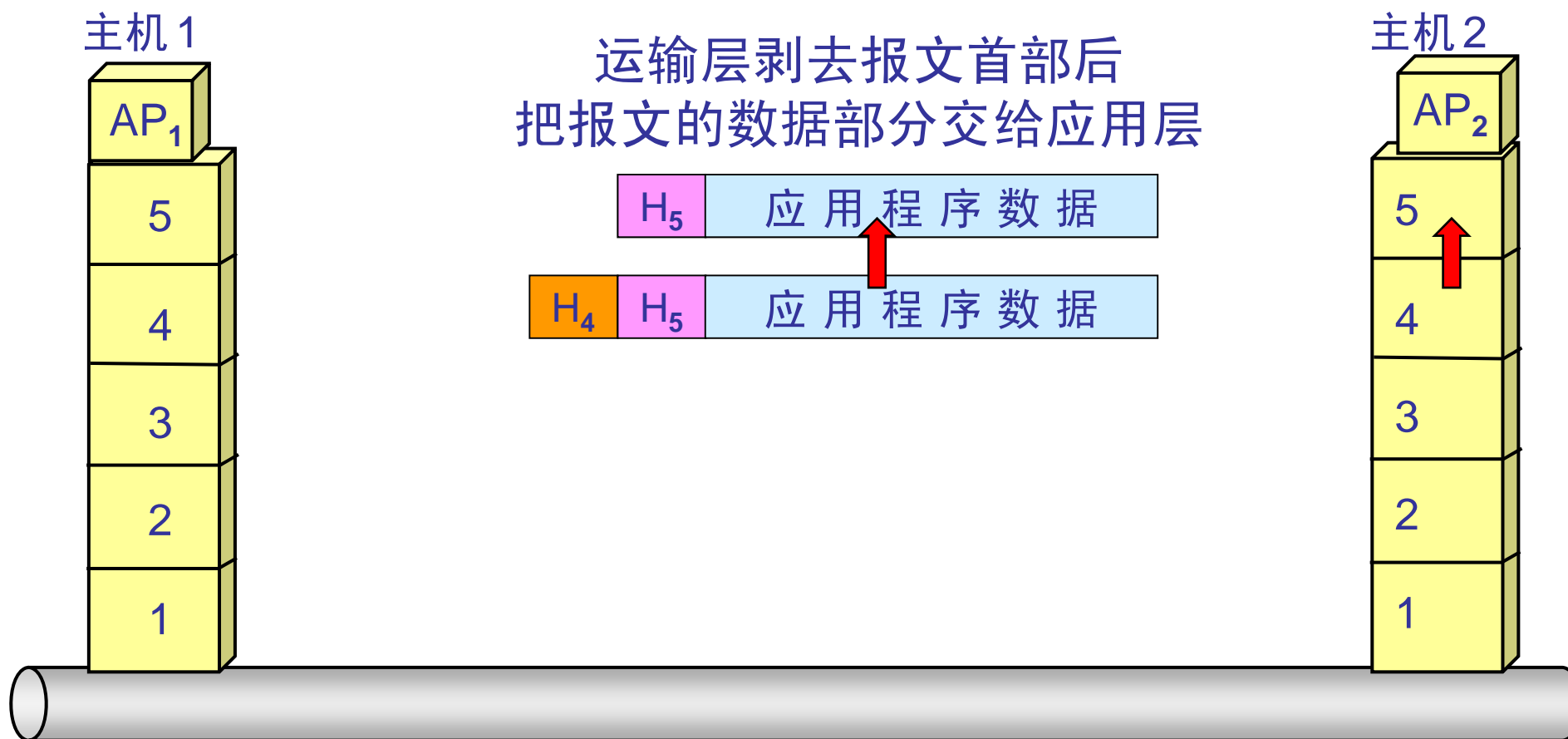
主机 1 向主机 2 发送数据



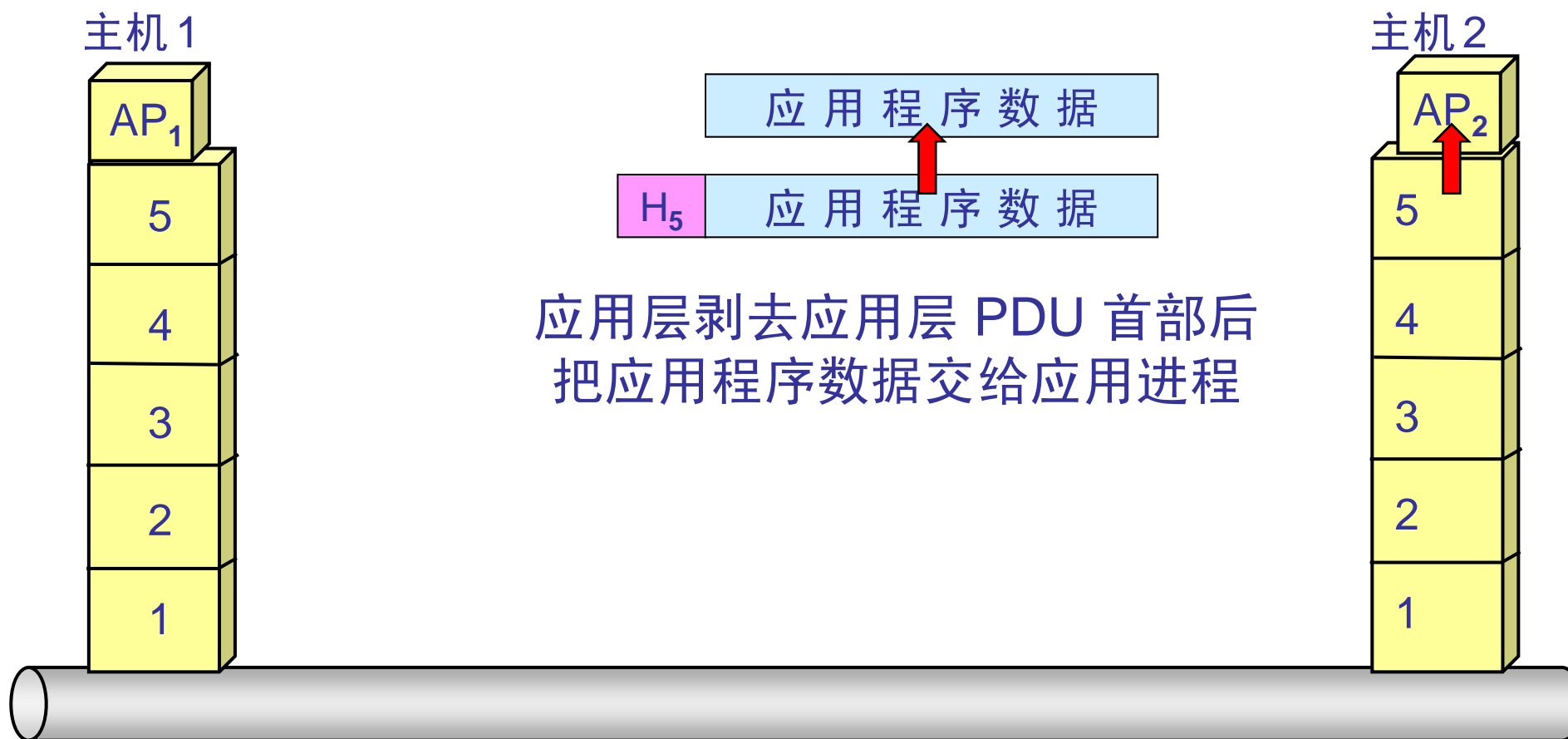
主机 1 向主机 2 发送数据



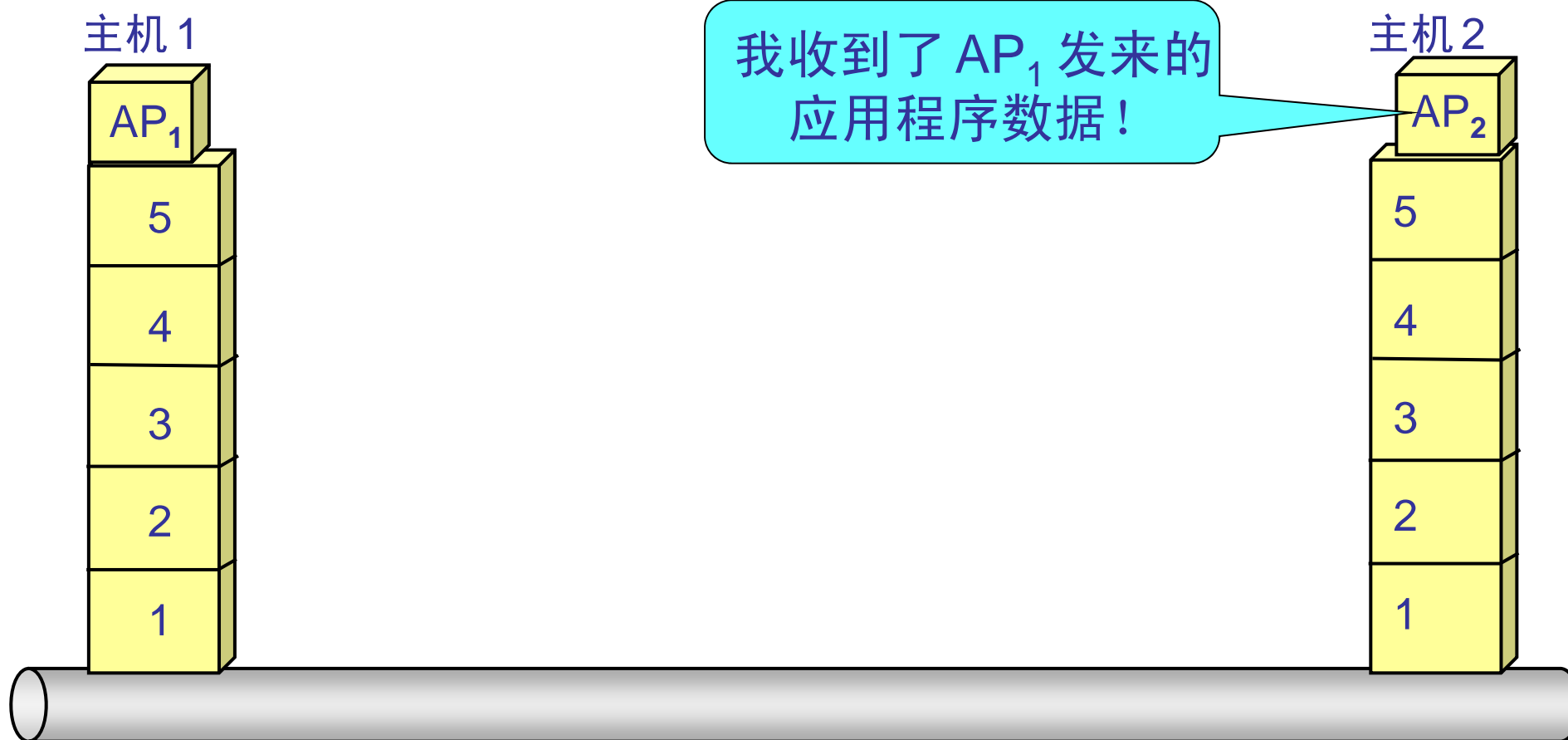
主机 1 向主机 2 发送数据



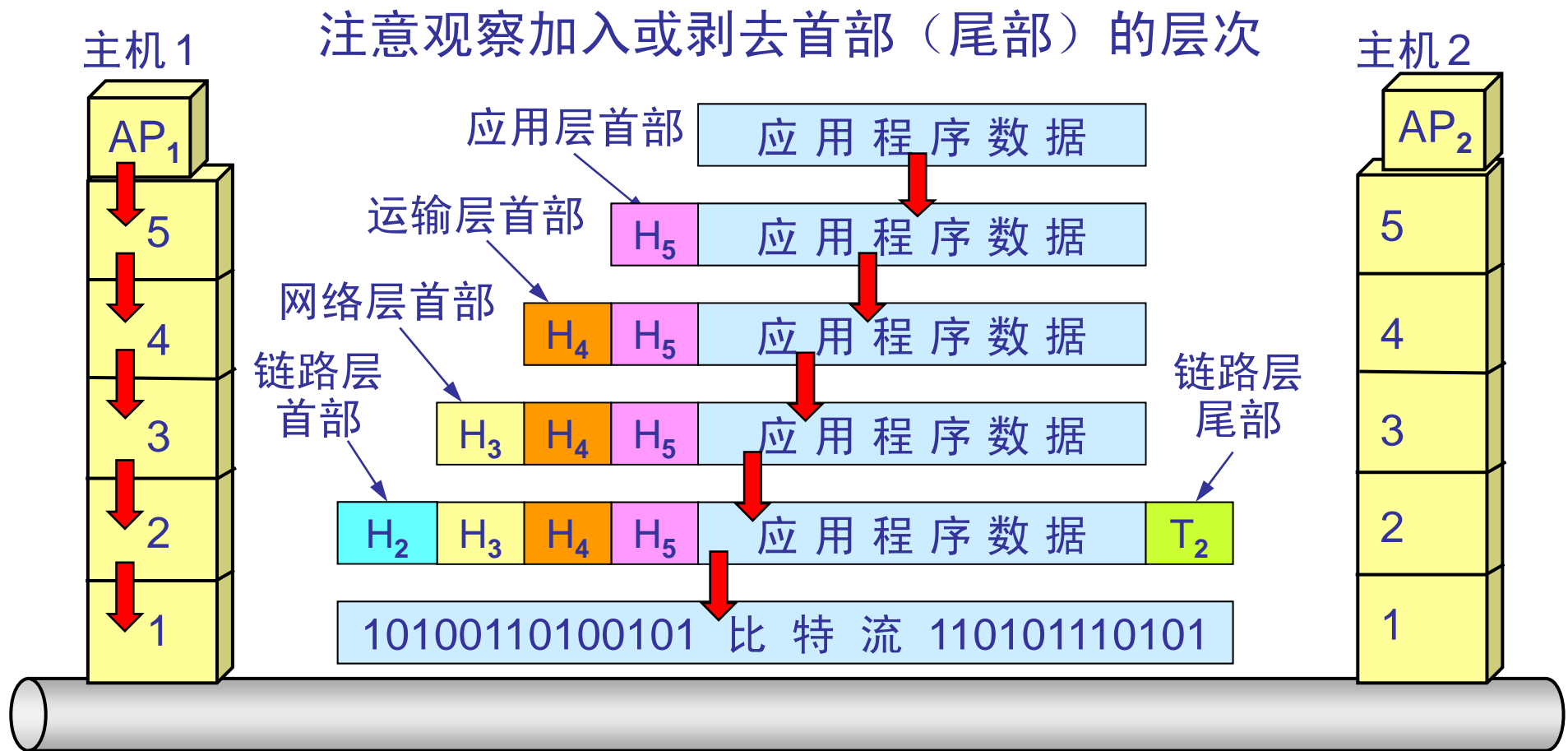
主机 1 向主机 2 发送数据

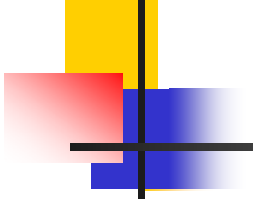


主机 1 向主机 2 发送数据



主机 1 向主机 2 发送数据

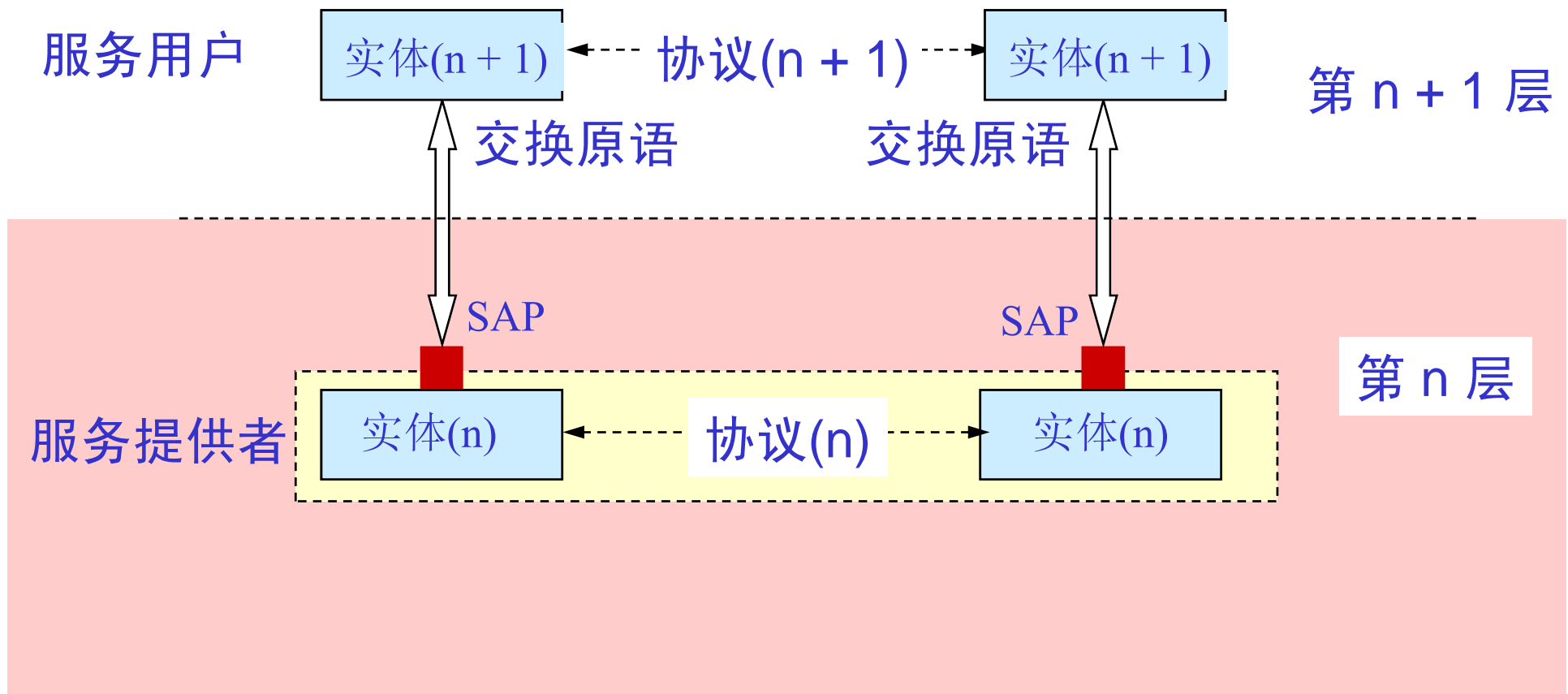


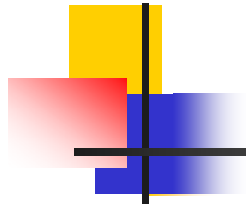


1.7.4 实体、协议、服务 和服务访问点

- **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**进行通信的规则的组合。
- 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。

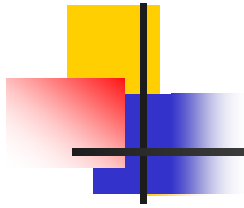
实体、协议、服务 和服务访问点 (续)





实体、协议、服务 和服务访问点（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)。



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**。



明日正午进攻，如何？

同意

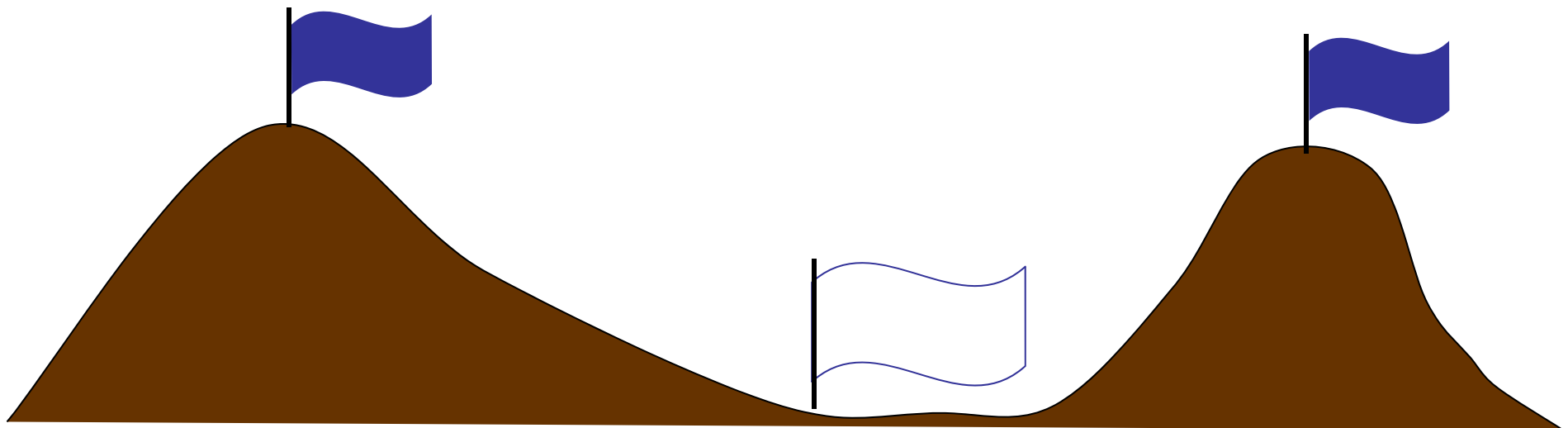
收到“同

这样的协议无法实现！

收到：收到“同意”

...

...



Internet 尽最大努力交付

- 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。



《庄子·盗跖》：尾生与女子期于梁下，女子不来，水至不去，抱梁柱而死。

伤心桥下春波绿，曾是惊鸿照影来。
——陆游



计算机网络在我国的发展

■ Internet标志事件

- 一九八六年八月二十五日，北京时间十一点十一分，当时任高能所ALEPH组组长的吴为民，从北京发给ALEPH的领导——位于瑞士日内瓦西欧核子中心的诺贝尔奖获得者 Jack Steinberger 的电子邮件。

■ 网络服务提供商

- (1) 中国电信集团公司
- (2) 中国联合网络通信有限公司
- (3) 中国移动通信集团公司
- (4) 中国教育和科研计算机网 CERNET

第28次中国互联网发展报告

- 我国手机网民规模为 3.18 亿，较 2010 年底增加 1494 万人。手机网民在总体网民中的比例为65.5%。

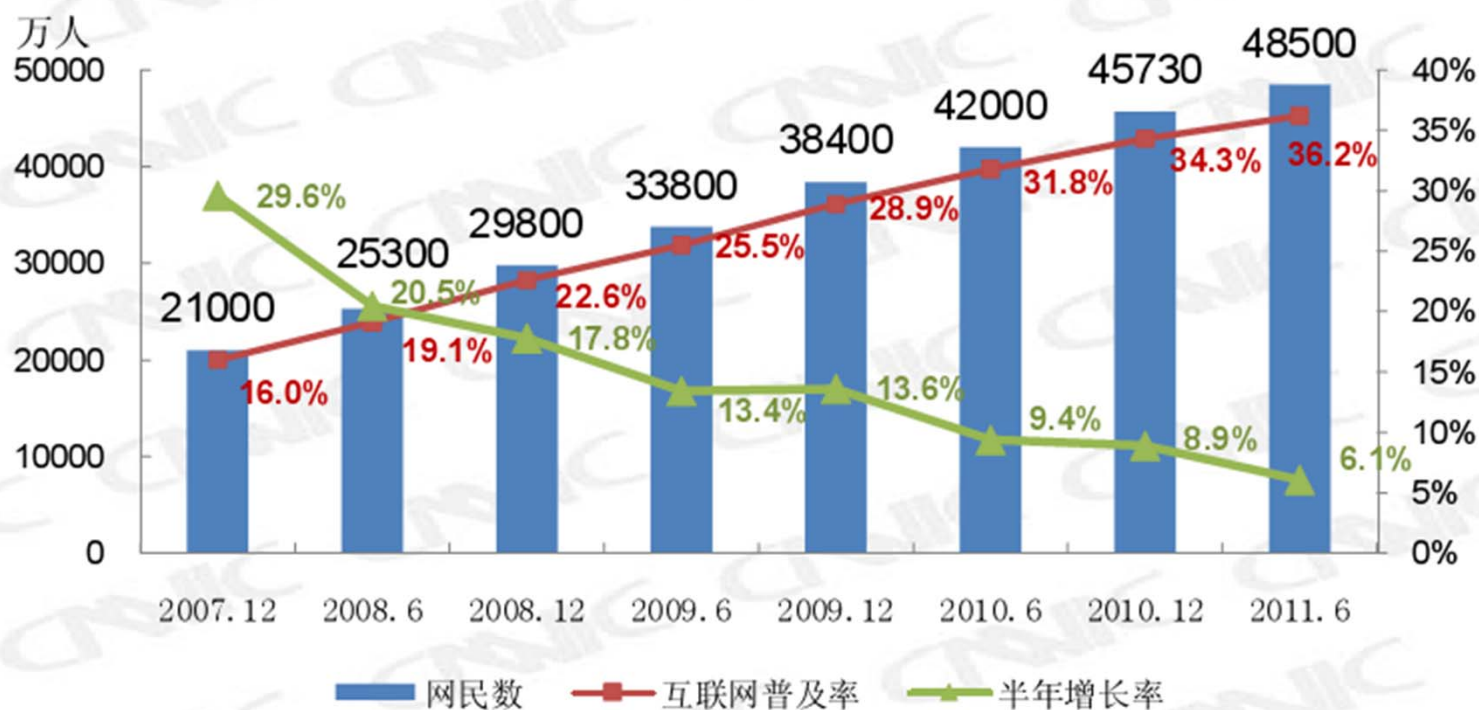


图 1 中国网民规模、增长率及普及率

年龄结构

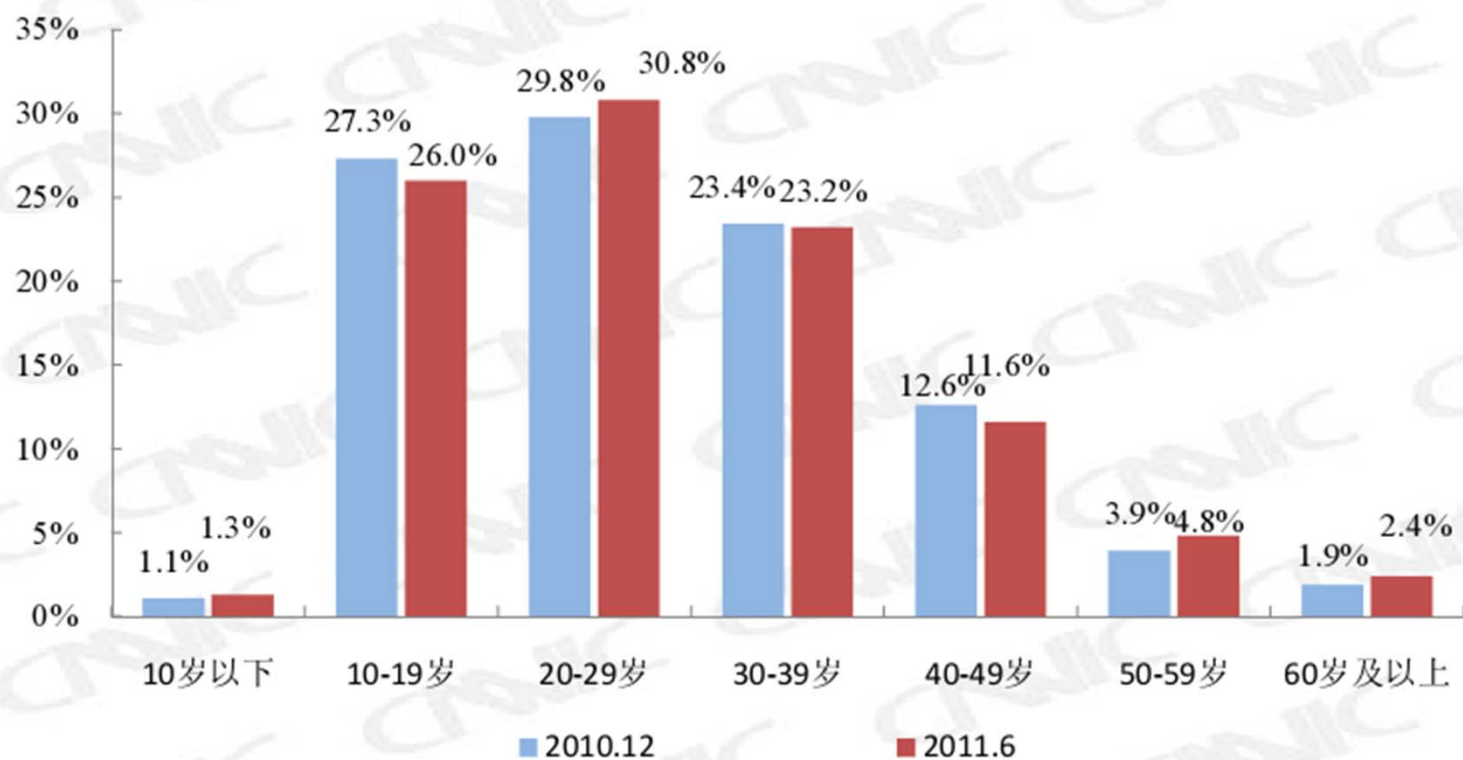


图 9 2010.12-2011.6 网民年龄结构

手机网民

- 前三大应用：手机即时通信、手机网络新闻、搜索引擎

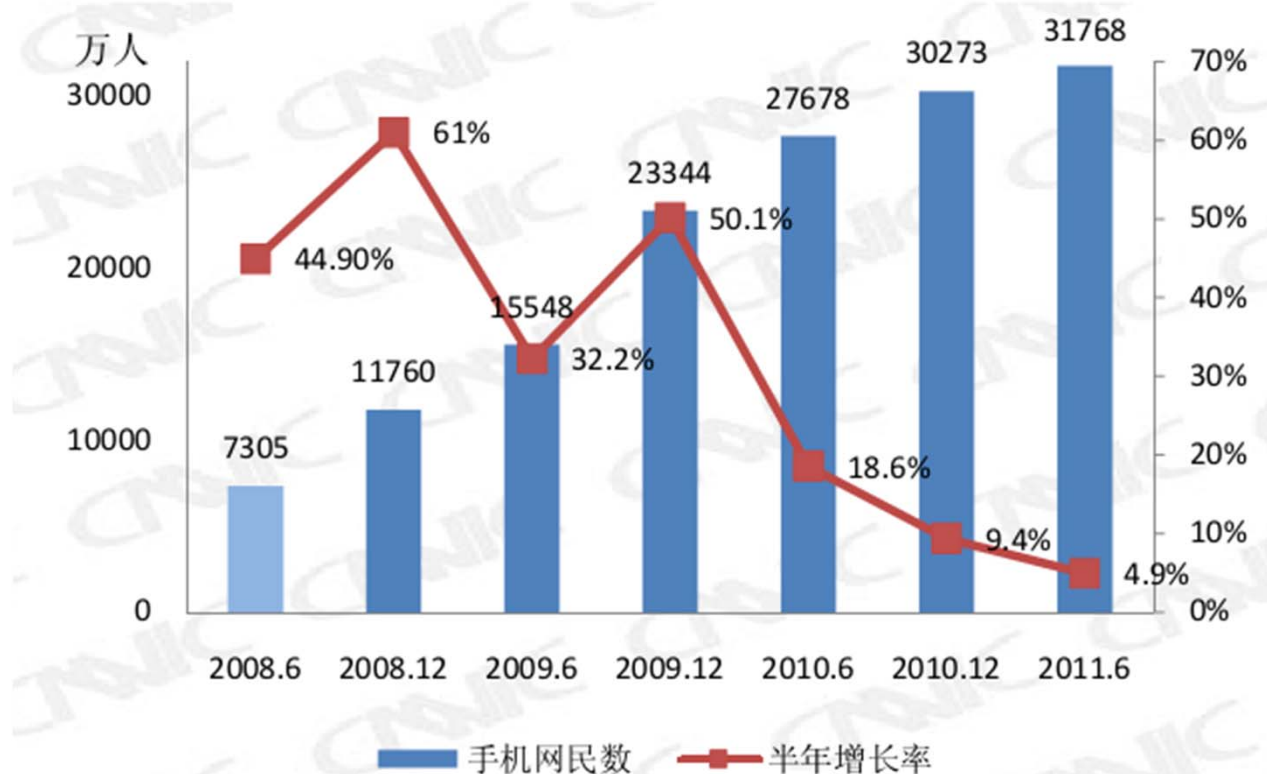


图 4 手机上网网民规模



应用对比

■ 微博

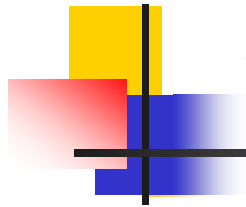
- 2011 年上半年，我国微博用户数量从 6311 万迅速增长到 1.95 亿，半年新增微博用户 1.32 亿人，增长率高达 208.9%，在网民中的使用率从 13.8% 提升到 40.2%。手机微博的应用也成为亮点，手机网民使用微博的比例也从 2010 年底的 15.5% 上升至 34.0%。

■ 社交网站

- 截至 2011 年 6 月底，中国社交网站用户规模为 2.30 亿，相比 2010 年底减少 516 万，降幅为 2.2%，使用率也由上年底的 51.4% 回落至 47.4%。社交网站发展进入瓶颈期，用户规模出现萎缩势头。

■ 网络游戏

- 截至 2011 年 6 月底，中国网络游戏用户规模为 3.11 亿，较 2010 年底增长 727 万，增长率仅为 2.4%；网民使用率也出现了下降，从 2010 年底的 66.5% 降至 64.2%。



休息，休息一下

- 作业：1-03、1-10、1-17、1-20、1-23、1-27