



北京邮电大学

计算机网络

第一章 概述

计算机学院

2016年9月

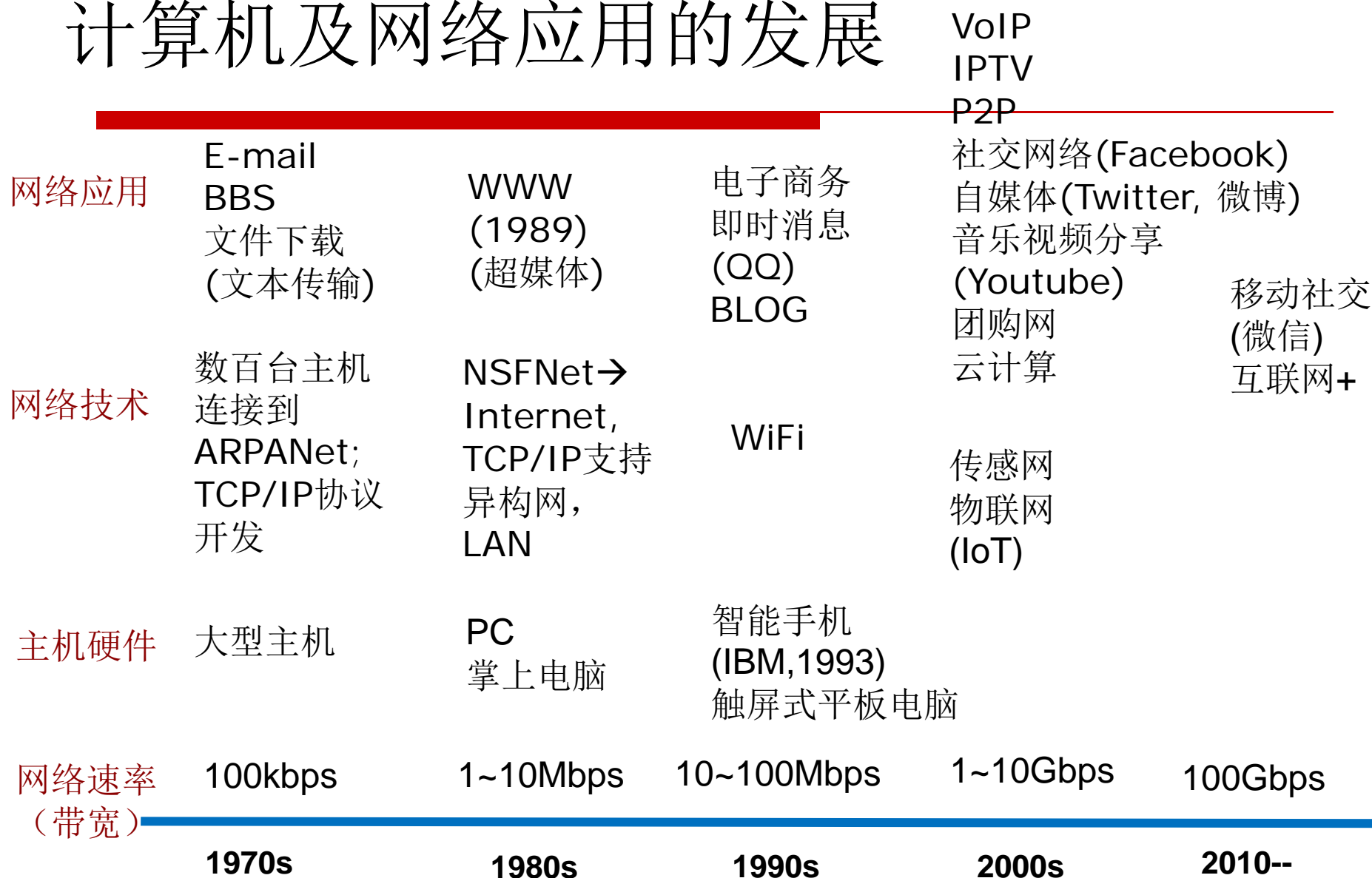
计算机网络和因特网概述

- ◆ 计算机网络是**计算**和**通信技术**的一种融合。
- ◆ 因特网（Internet）上汇集的成千上万的**计算资源**、**数据资源**、**软件资源**、**各种数字化设备**，已成为人们沟通信息控制系统和协同工作的有效工具。
- ◆ 计算机已将**计算**、**通信**和**控制**(Computing, Communication and Control)三位一体，它不再仅仅是一个计算工具，更是一个通讯和控制的平台。

计算机网络和因特网概述

- ◆ 计算机网络技术从最初的局域网环境，发展到广域网络环境，将继续发展为“无处不在的计算”，
- ◆ 正在被开发运用到各式各样的设备上、各种各样的环境中，以及繁多的用途上，如移动电话、PDA、电视、家电、汽车等等，
- ◆ 为构建具有高性能处理能力、海量数据存储和大量诸如传感器和移动设备等的21世纪人类社会的信息处理基础设施奠定技术基础。

计算机及网络应用的发展



网络应用的发展

昨天...



拨号网络...



E-Mail...



静态文本页面...



BBS...



FTP...

...拨号接入互联网，业务单一，需求难以满足

今天...



宽带生活...



即时通讯...



语音电话...



快速下载...



在线流媒体...



3G, 4G...

...但是应用类型的快速增长将需要大量的网络带宽

明天...



在线高清电视.IPTV..



高保真视频应用...



100Mbps 带宽入户...

光纤接入...

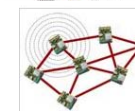
三网融合...



Web2.0...



云计算



物联网

...同时需要高速网络带宽，合理的QoS保障，充分保障QoE，享受网络生活

本章内容

- 1.1 计算机网络和因特网的概念及其应用
- 1.2 网络边缘
- 1.3 网络核心
- 1.4 衡量网络性能的指标
- 1.5 协议和层次体系结构
- 1.6 计算机网络的安全隐患
- 1.7 计算机网络和因特网的历史及进展

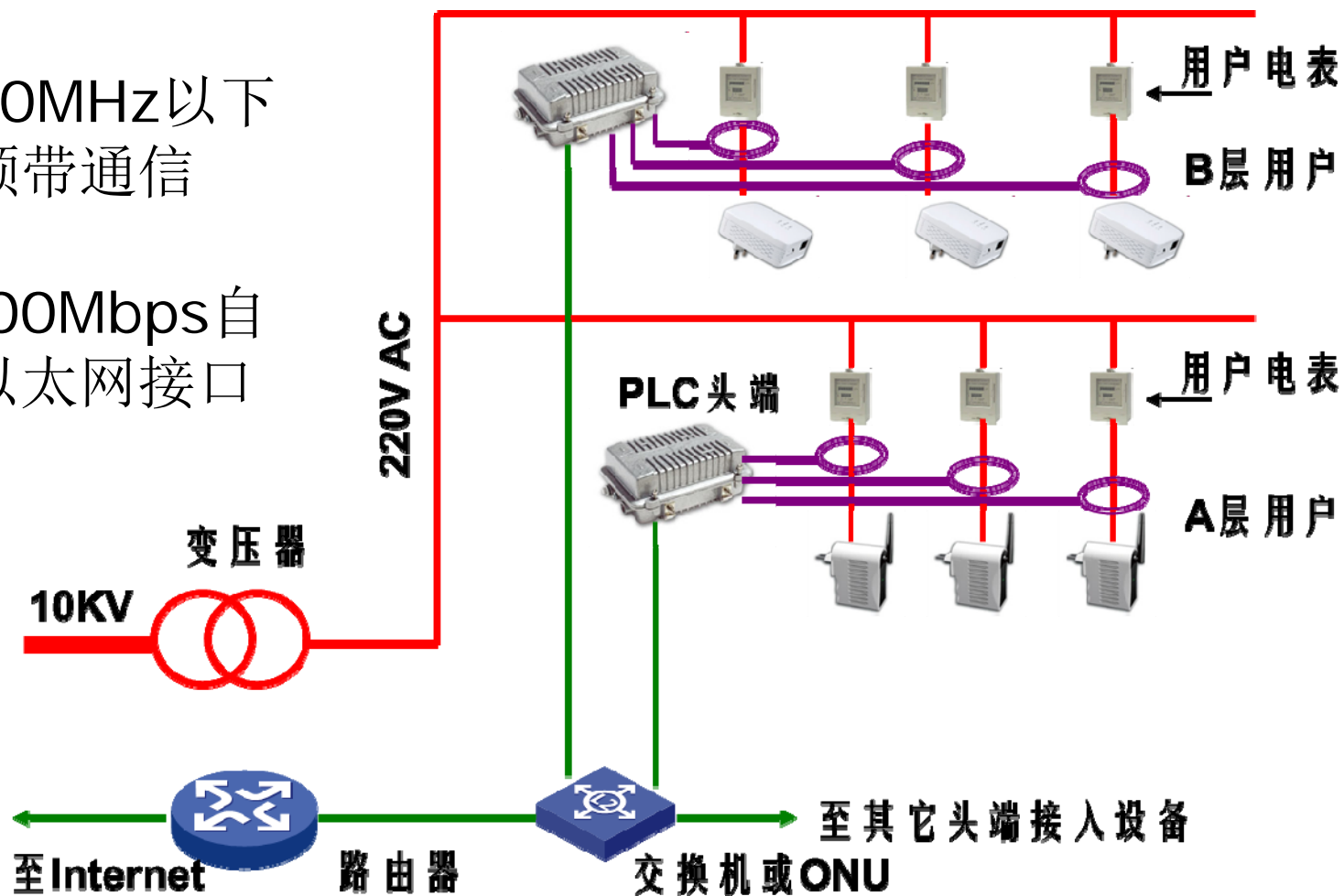
§ 1.1 计算机网络和因特网的概念及其应用

- ◆ **三网融合**：电信网络(电话网) + 有线电视网络 + 计算机网络
- ◆ 并非物理合一，而是业务融合；网络互联互通、资源共享，为用户提供话音、数据和广播电视等多种服务
- ◆ **四网融合**：+电力网



电力线通信（PLC）应用示例

占用30MHz以下的
低频带通信
提供
10/100Mbps自
适应以太网接口



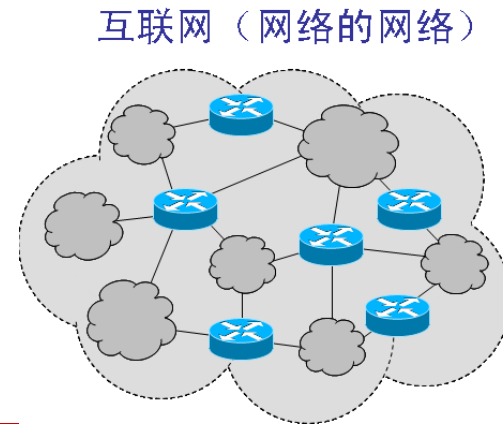
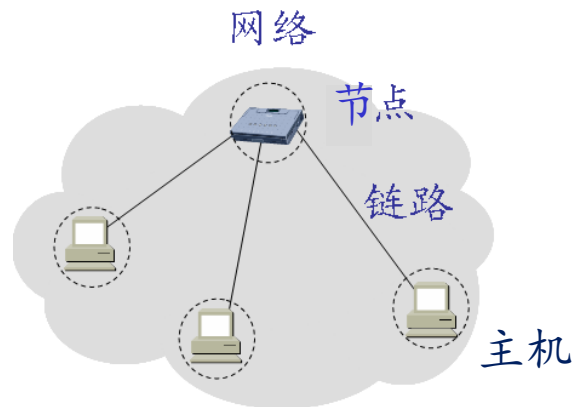
什么是计算机网络？

- 计算机网络是通过同一种技术相互连接起来的一组自主计算机的集合，以实现信息交换、资源共享、协同工作等功能
- Internet(因特网)是一种计算机网络，是由许多个网络构成的网络
- Web是运行在Internet之上的一个分布式系统

1.1.1 计算机网络和因特网的概念

■ 概念

- 计算机网络
- 互联网(internet 开头字母小写)
- Internet(因特网)
- WWW (World Wide Web, 万维网)



1.1.2 计算机网络的应用

- ◆ 电子邮件
- ◆ 电子商务（淘宝、阿里巴巴）
- ◆ 网络游戏
- ◆ 即时消息（QQ）
- ◆ 社交网络（博客、微博、微信）
- ◆ 网络视频（IPTV、视频直播、视频分享）
- ◆ 电子政务（首都之窗）
- ◆ 移动商务（手机支付、手机网购）
- ◆

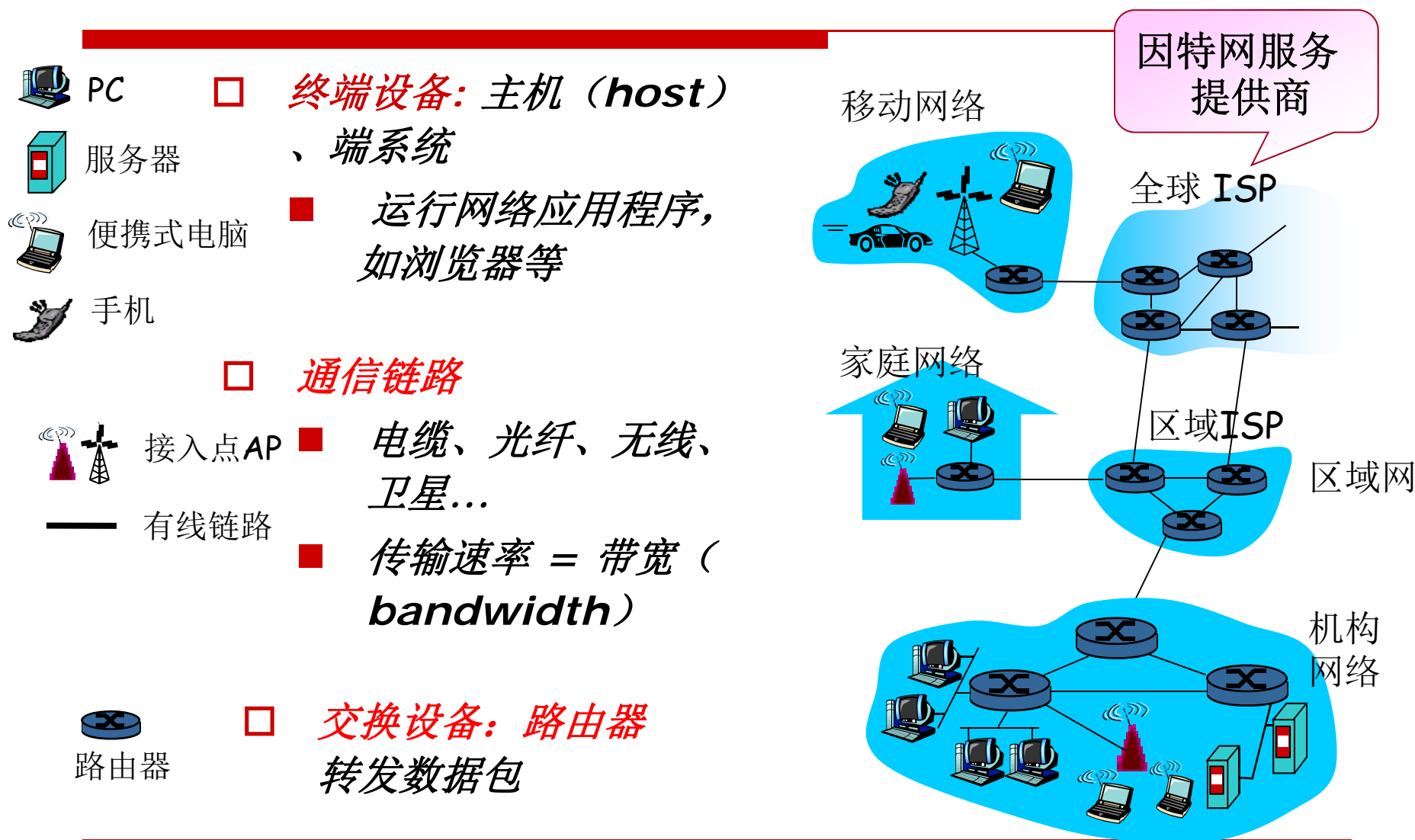
互联网发展研究报告：

<http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/>

1.1.3 计算机网络的组成

- ◆ 从软硬件角度，计算机网络分为三个主要的组成部分：
 - 计算机系统：用户端设备
 - 数据通信系统：传输/交换设备和链路
 - 网络软件

1.1.3 计算机网络的组成（硬件）



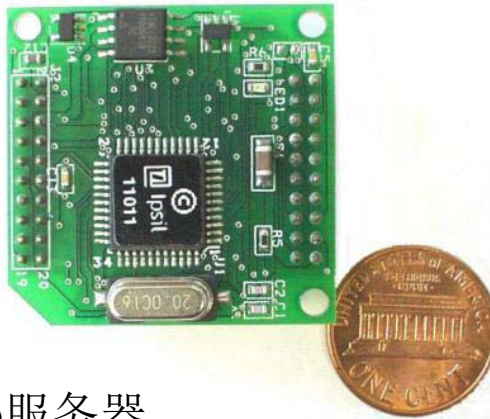
端系统不仅是计算机



在线数字相框 <http://www.ceiva.com/>



面包炉+网络天气预报器



最小的Web服务器

<http://news.stanford.edu/news/1999/february10/webserver210.html>

[http://www.rainierco.com/case_studies/lpsil%20Case%20Study%20\(1\).pdf](http://www.rainierco.com/case_studies/lpsil%20Case%20Study%20(1).pdf)



IP电话机

传输/交换设备和链路

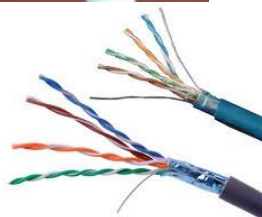
通信链路



光纤



同轴电缆



双绞线



网络接口

以太网卡



无线网卡



路由器/交换机

路由器

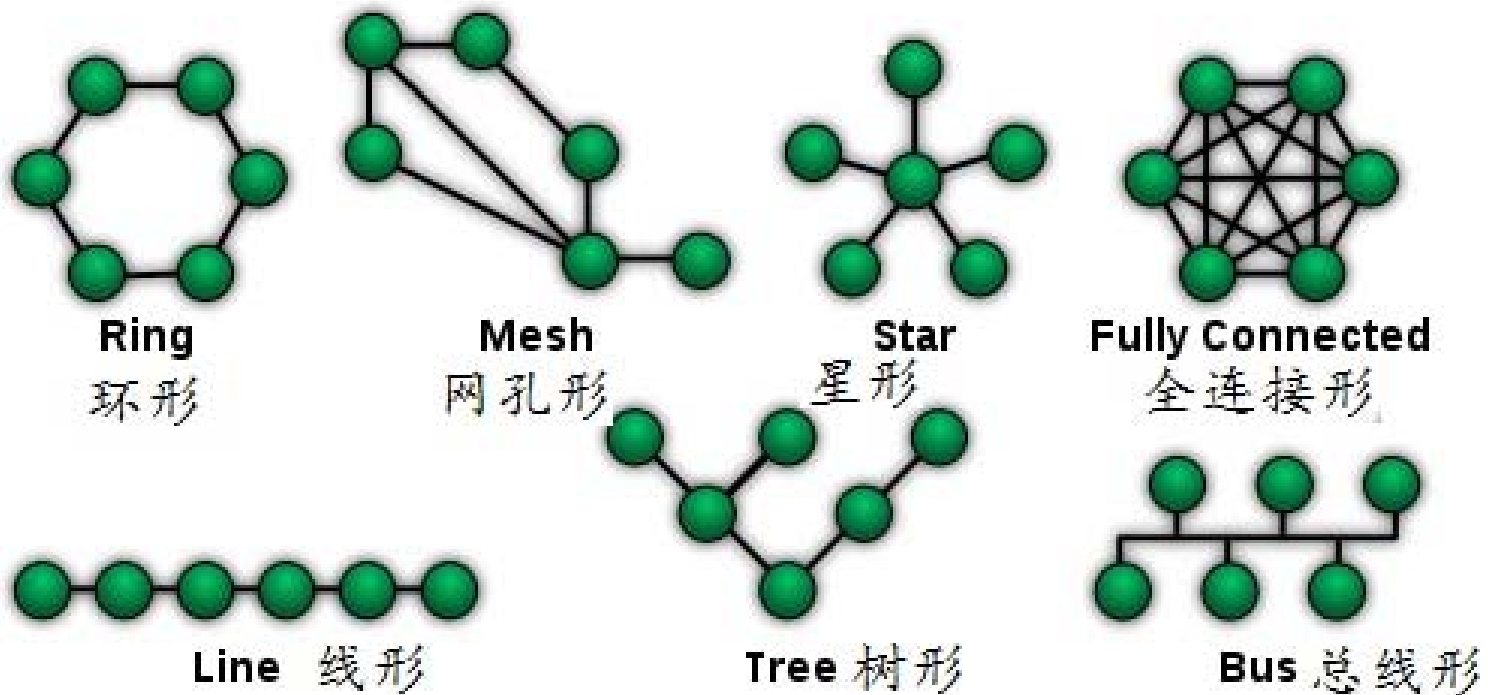


交换机



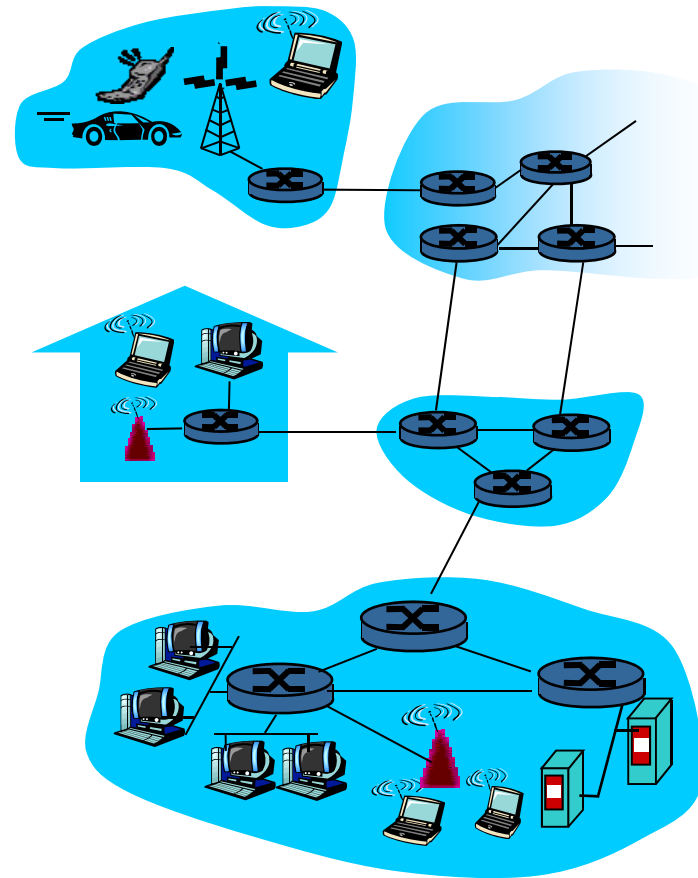
网络的拓扑结构

- 计算机网络中的各种设备通过传输介质互相连接，形成的物理布局



1.1.3 计算机网络的组成

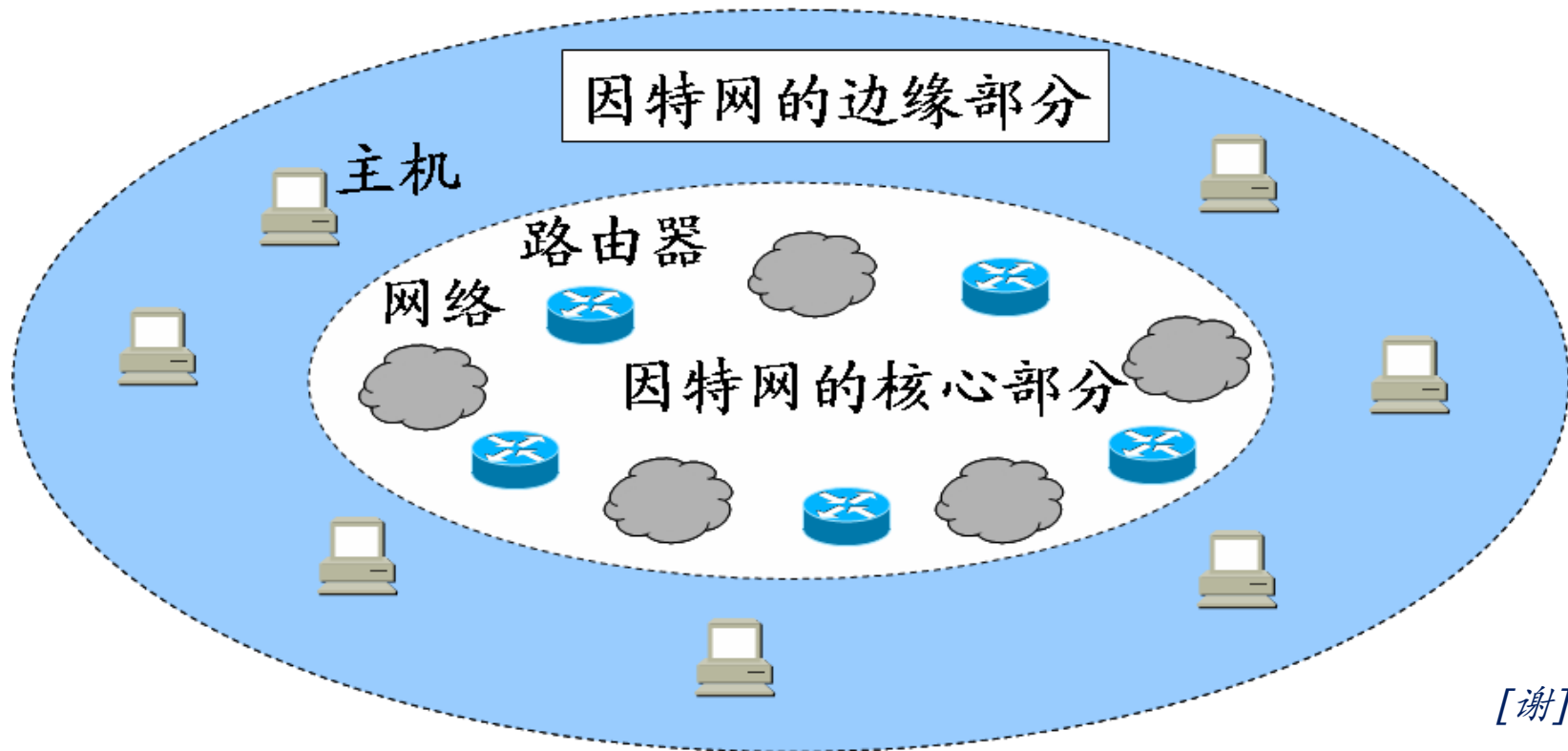
- 网络边缘:
主机和网络应用程序
- 网络接入链路（传输媒体/介质）:
有线/无线通信链路
- 网络核心:
 - 路由器互连
 - 网络的网络



[Kurose]

1.1.3 计算机网络的组成

- ◆ 因特网由网络边缘部分与网络核心部分组成。

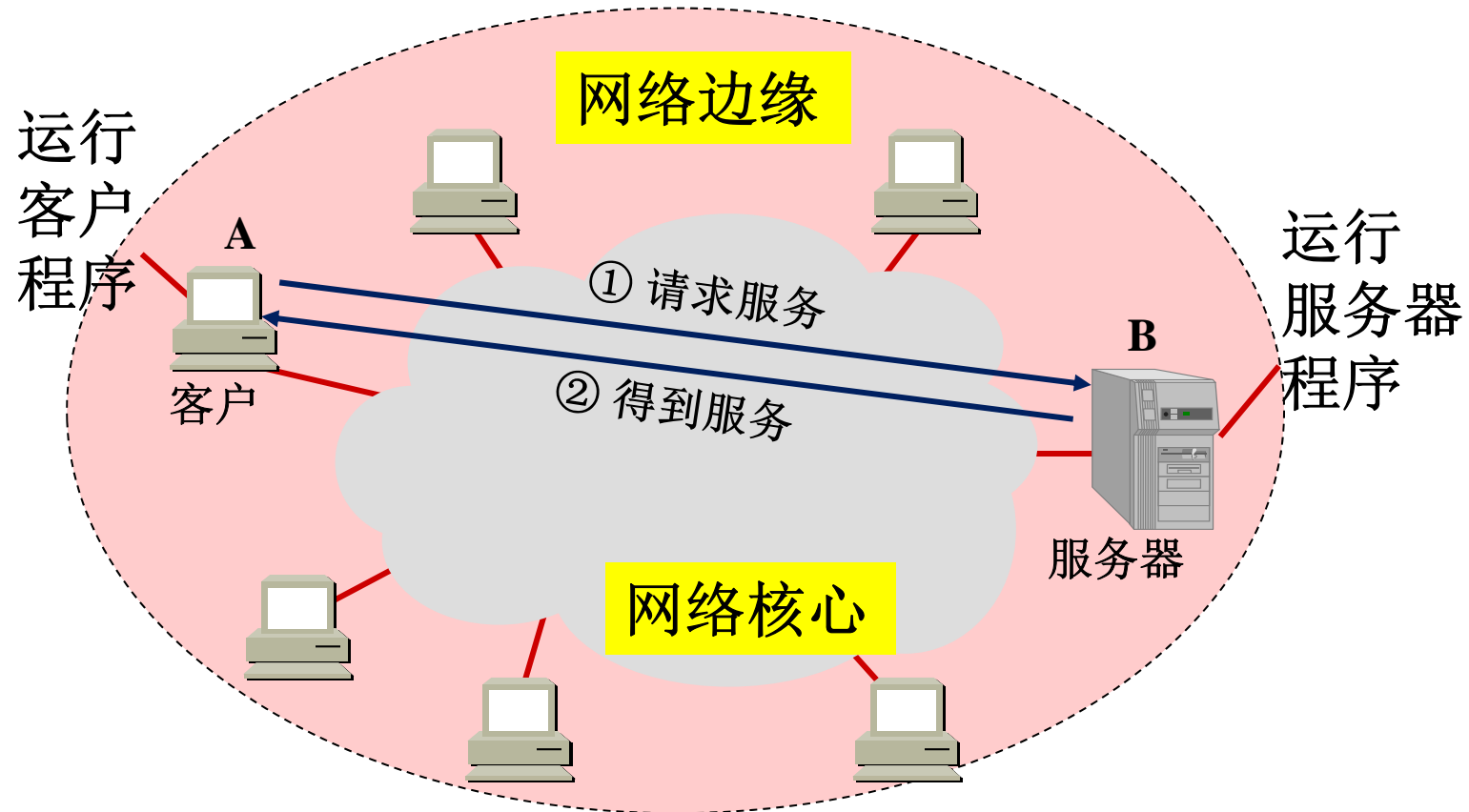


[谢]

§ 1.2 网络边缘

- ◆ 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。这些主机又称为端系统(End System)。
- ◆ 端系统中运行的程序之间的通信方式通常可划分为两大类：
 - 客户/服务器(Client/Server, C/S)方式
 - 对等(Peer-to-Peer, P2P)方式

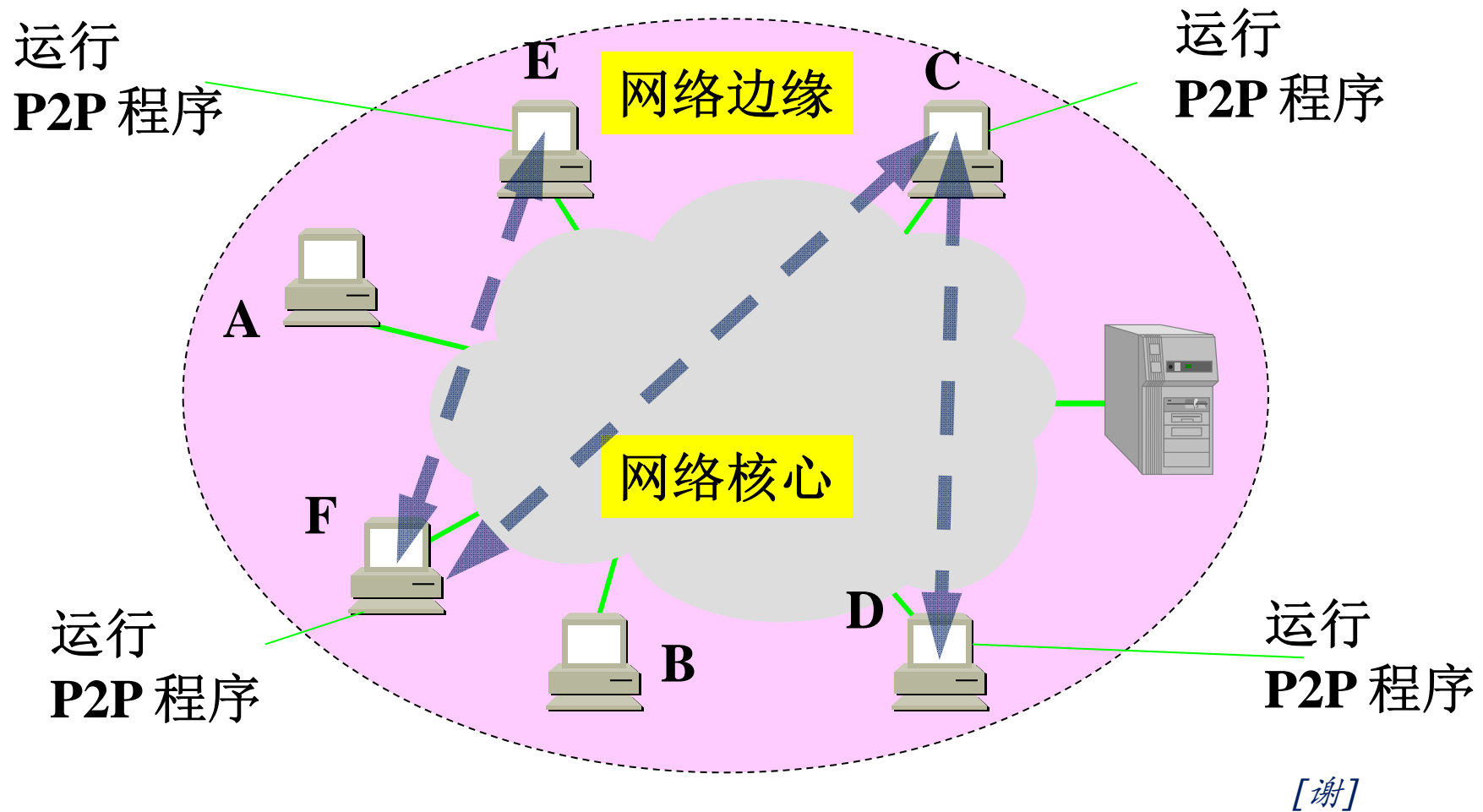
§ 1.2 网络边缘-: C/S方式



通信由客户 A 发起，向服务器 B 请求服务，
而服务器 B 向客户 A 提供服务。

[谢]

§ 1.2 网络边缘- P2P方式



[谢]

Peer既是客户，又是服务器

§ 1.2 网络边缘

1.2.1 局域网的概念及特点

- ◆ 局域网(**Local Area Network, LAN**)所涉及的地理距离上一般来说可以是几米至**10**千米以内,一般位于一个建筑物或一个单位内,不存在路由选择问题,不包括网络层的应用。
- ◆ 在计算机数量配置上没有太多的限制,少的可以只有两台,多的可达几百台。
- ◆ 局域网连接范围窄、用户数少、配置容易、连接速率高,目前速率可达**10Gbps**——万兆以太网。

1.2.2 网络接入方式

- ◆ 通过接入网络用户计算机连接到本地Internet服务提供商(Internet Service Provider, ISP)的系统。
- ◆ 接入方式可简单地分为适用于窄带业务的接入网技术和适用于宽带业务的接入网技术。
- ◆ 从用户入网方式角度来看，Internet接入技术可以分为有线接入和无线接入两大类，无线接入技术分固定接入技术和移动接入技术。

1.2.2 网络接入方式

◆ 局域网接入

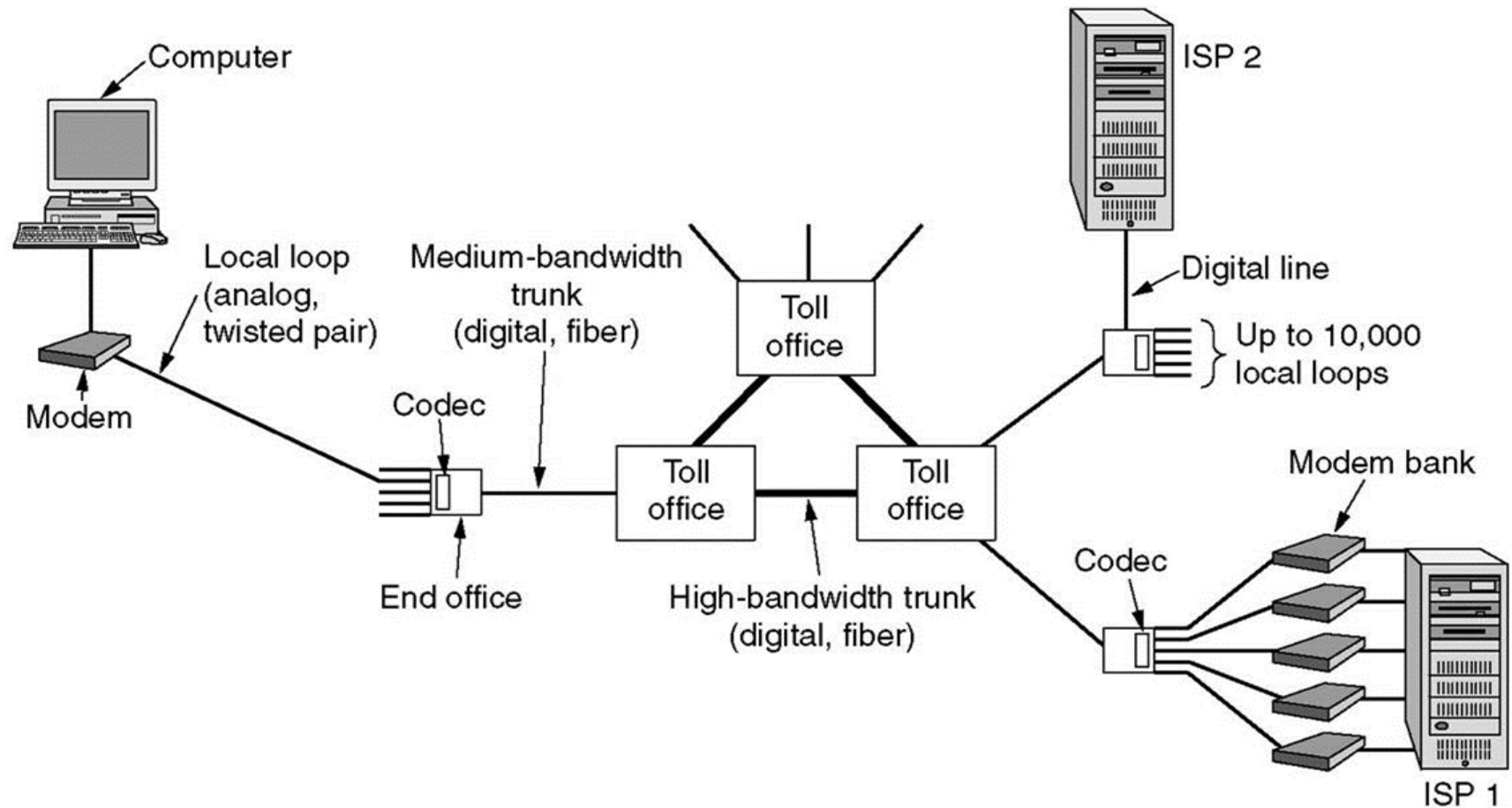
- 局域网通过路由器连接到Internet，LAN用户通过双绞线连接电脑网卡和交换机/路由器接口，即可通过局域网接入Internet。
- 小区宽带接入：FTTx+LAN，实现千兆光纤到小区(大楼)中心交换机，中心交换机和楼道交换机以百兆光纤或五类双绞线相连，楼道内采用综合布线，实现10M/100M/1000Mbps不同速率的宽带接入，提供高速的局域网及高速互联网络服务。

1.2.2 网络接入方式

◆ 电话拨号接入

- 经过调制解调器和普通模拟电话线与公用交换电话网(PSTN)连接，即窄带接入方式，速率不超过56Kbps。
- 经过专用终端设备和数字电话线，与综合业务数字网(Integrated Service Digital Network, ISDN)连接。利用一条线路可以在上网的同时拨打电话、收发传真。基本速率接口有两条64kbps的信息通路和一条16kbps的信令通路。

电话拨号接入示例

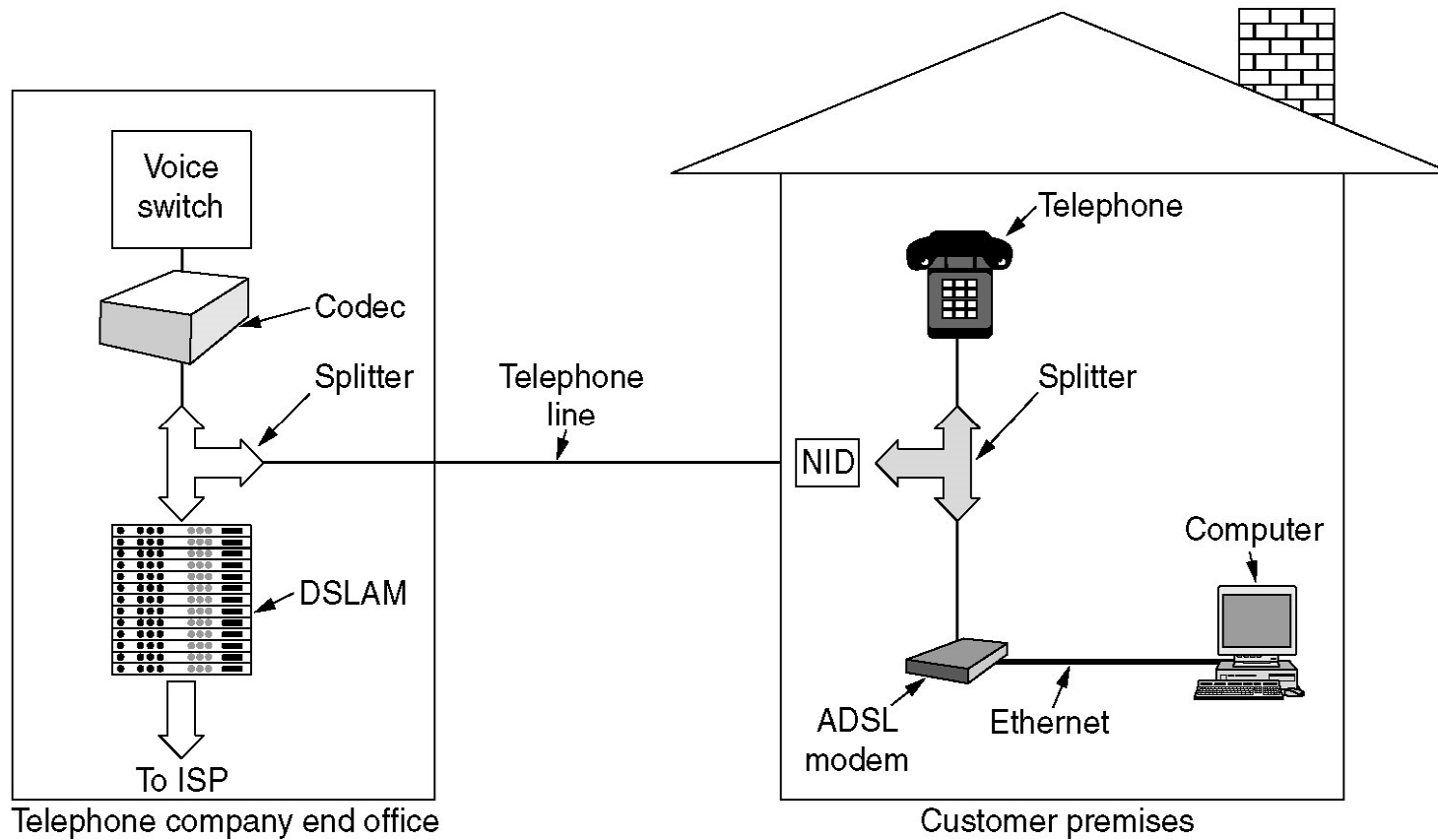


[Tanenbaum]

1.2.2 网络接入方式

- ◆ 数字用户线路(Digital Subscriber Line, DSL)接入
是基于普通电话线的**宽带接入**技术，在一对铜线上分别
传送数据和语音信号。数据信号并不通过电话交换机设
备，并且不需要拨号，一直在线，属于专线上网方式。
DSL包括ADSL、RADSL、HDSL和VDSL等等。
- 非对称数字用户线路(Asymmetric Digital Subscriber
Line, ADSL)上行速率最高可达1Mb/s，下行速率最高
可达8Mb/s，需在现有电话线上安装ADSL MODEM

ADSL接入示例



□ DSLAM: 数字用户线接入复用器

NID: 网络接口设备

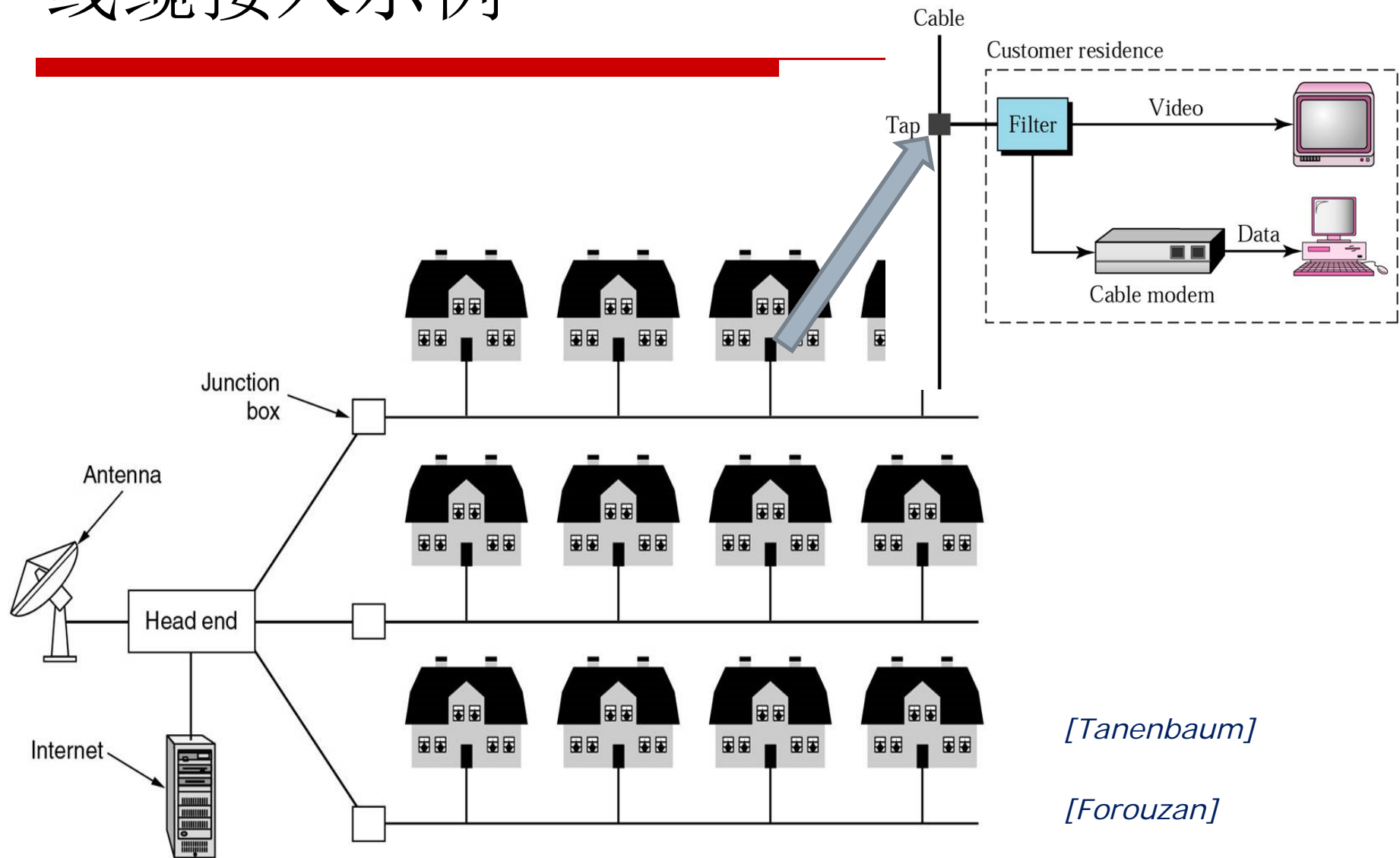
[Tanenbaum]

1.2.2 网络接入方式

◆ 有线电视的线缆接入

- 基于有线电视的线缆调制解调器(Cable Modem)接入方式可以达到下行8Mb/s、上行2Mb/s的高速率接入。

线缆接入示例



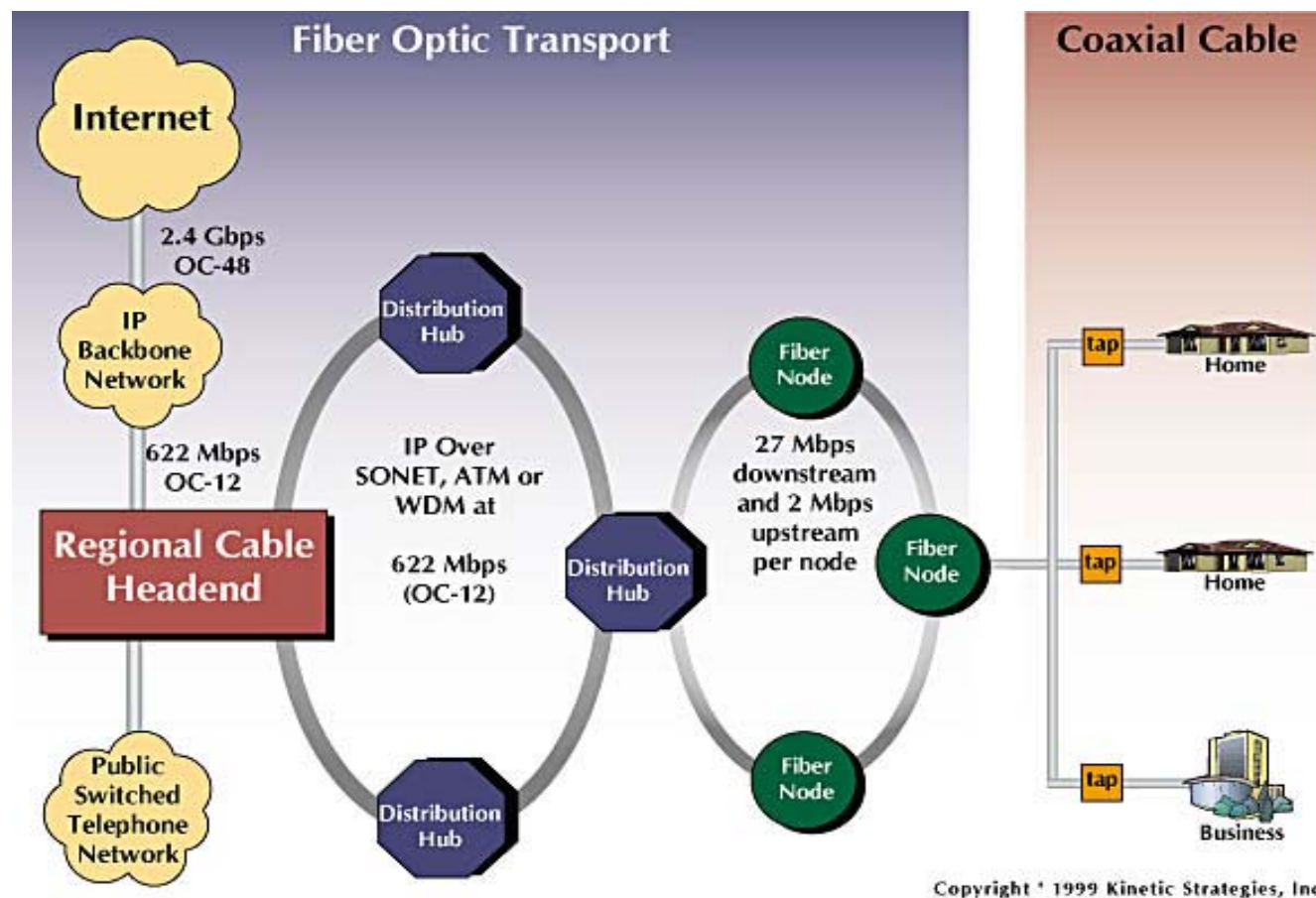
[Tanenbaum]

[Forouzan]

1.2.2 网络接入方式

- ◆ 光纤接入(OAN: Optical Access Network)
 - 采用光纤传输技术，即本地交换局和用户之间全部或部分采用光纤传输通信系统。
 - 光纤具有宽带、远距离传输能力强、保密性好、抗干扰能力强等优点，是未来接入网的主要实现技术。
 - 光纤到户(Fiber To The Home, FTTH)方式将光网络单元(ONU)安装在用户处。

光纤接入示例



1.2.2 网络接入方式

◆ 无线局域网接入(WLAN)

- 无线局域网是一种有线接入的延伸技术，使用无线射频(RF)技术越空收发数据，减少使用电线连接，因此无线网络系统既可达到建设计算机网络系统的目的，又可使设备自由安排和搬动。
- 无线网络一般作为已存在有线网络的一个补充方式，装有无线网卡的计算机通过无线手段方便接入互联网。
- WiFi (Wireless Fidelity): IEEE 802.11

1.2.2 网络接入方式

◆ 无线网接入

- 蓝牙(Bluetooth): 短距离(10米以内)的无线通讯技术
- WiMax: 宽带无线接入
- 2.5G移动通信技术: 通过GPRS(General Packet Radio System)或CDMA(Code-Division Multiple Access)接入
- 第三代移动通信技术(3G): 将无线通信与国际互联网等多媒体通信结合的新一代移动通信系统
- 4G: 提供100Mbps~150Mbps的下行网络带宽

1.2.2 网络接入方式

◆ 卫星接入

- 利用宽带卫星的双向传输，如Teledesic系统可以给用户提供16kbps-2.048mbps的传输速率
- 利用卫星的高速下载和地面反馈的外交互方式。用户端需装上一个1.2米~1.8米的卫星天线和卫星接收机，直接以RJ45接口输出接收数据。

网络接入方式小结

接 入 方 式	速度/bps	特 点	成 本	适 用 对 象
电话拨号	56K	方便、速度慢	低	个人用户、临时用户上网访问
ISDN	128K	较方便、速度慢	低	个人用户上网访问
ADSL	512K~8M	速度较快	较低	个人用户、小企业上网访问
Cable modem	8M~48M	利用有线电视的同轴电缆来传送数据信息、速度快	较低	个人用户、小企业上网访问
LAN 接入	10M~100M	附近有 ISP、速度快	较低	个人用户、小企业上网访问，常称为“宽带接入”
光纤	$\geq 100M$	速度快、稳定	高	大中型企业用户全功能应用
无线 LAN	11M~54M	方便、速度较快	较高	移动笔记本用户
无线 GPRS、CDMA、3G		速度较慢	较低	智能手机和 PCMCIA 卡插入笔记本移动用户

4G

50M-100M

速度较快

较高

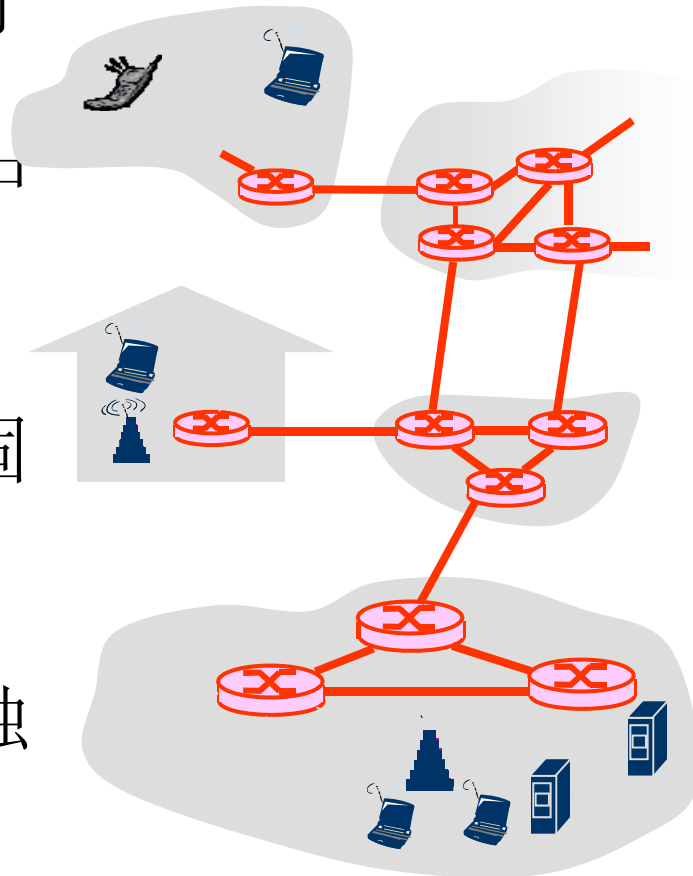
智能手机

§ 1.3 网络核心

- ❑ 网络核心部分是因特网中最复杂的部分。
- ❑ 网络中的核心部分要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向其他主机通信(即传送或接收各种形式的数据)
- ❑ 在网络核心部分起特殊作用的是路由器(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。

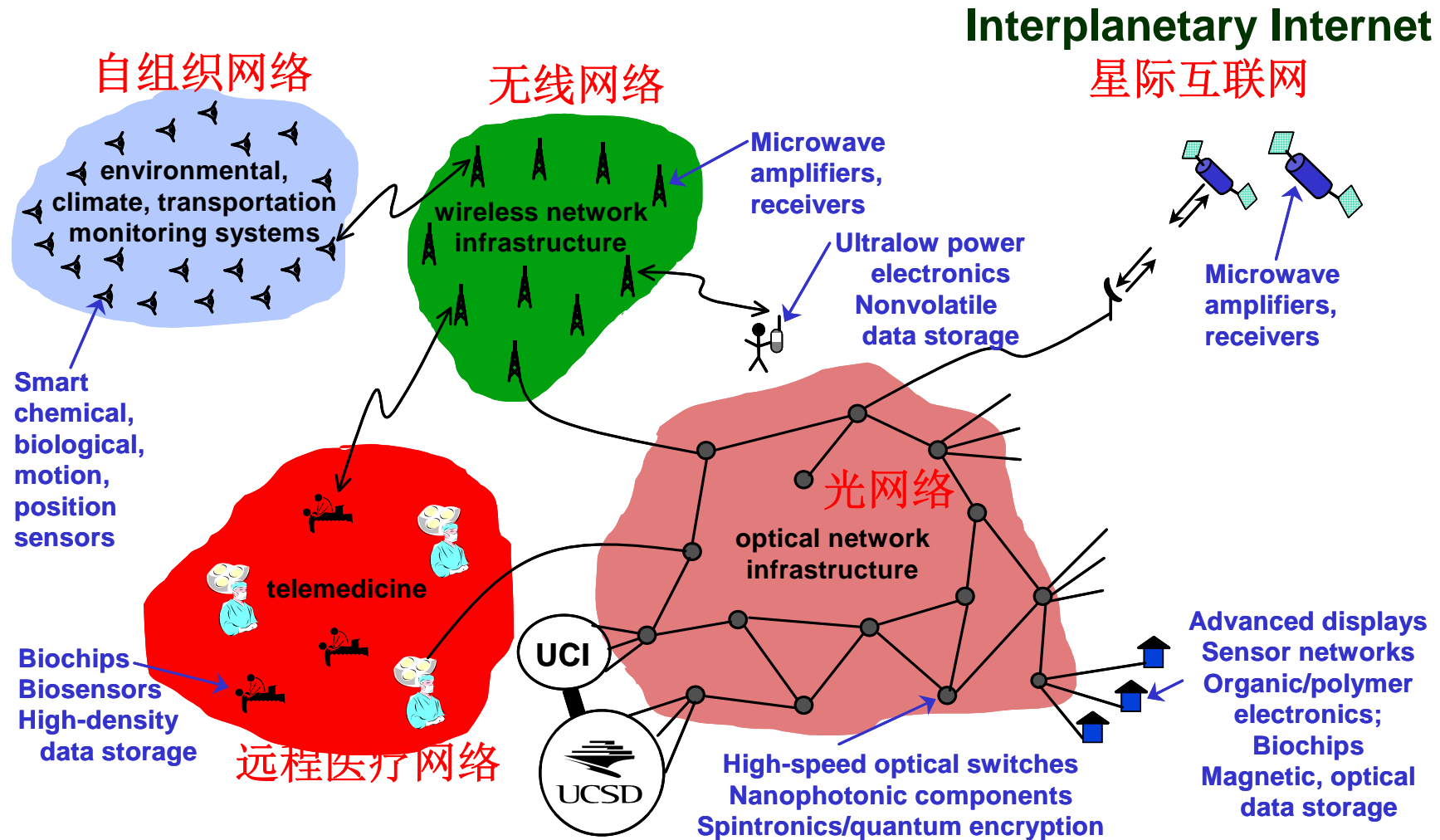
§ 1.3 网络核心

- 由互联的路由器组成的网状结构(Mesh)
- **核心功能：** 如何在网络中和网络之间传输数据？
 - **电路交换：** 电话网为代表，每次呼叫采用固定路径
 - **分组交换：** 因特网为代表，每个数据包单独选择路由传输

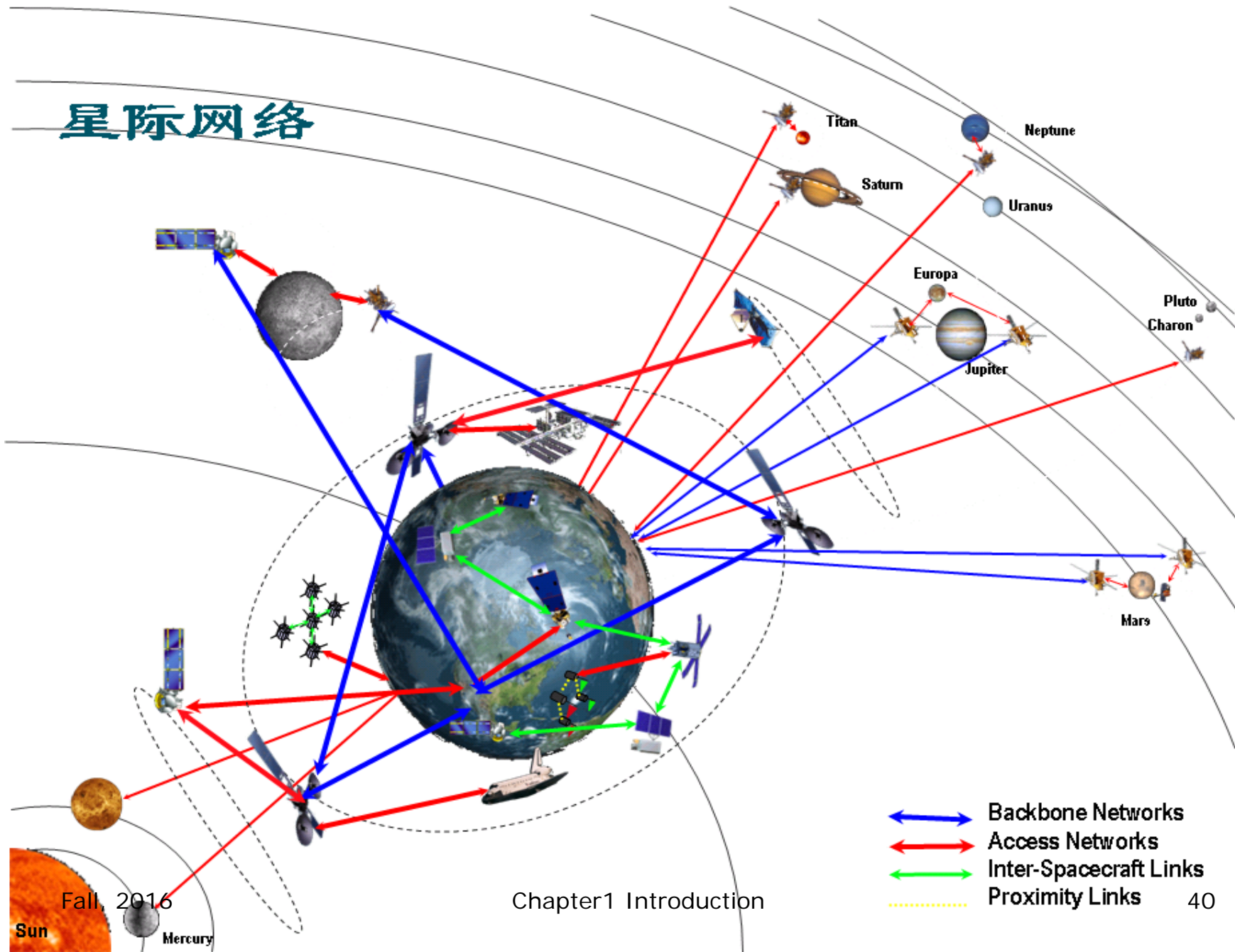


[Kurose]

§ 1.3 网络核心——一种未来网络的规划方案



星际网络



Fall, 2016

Sun

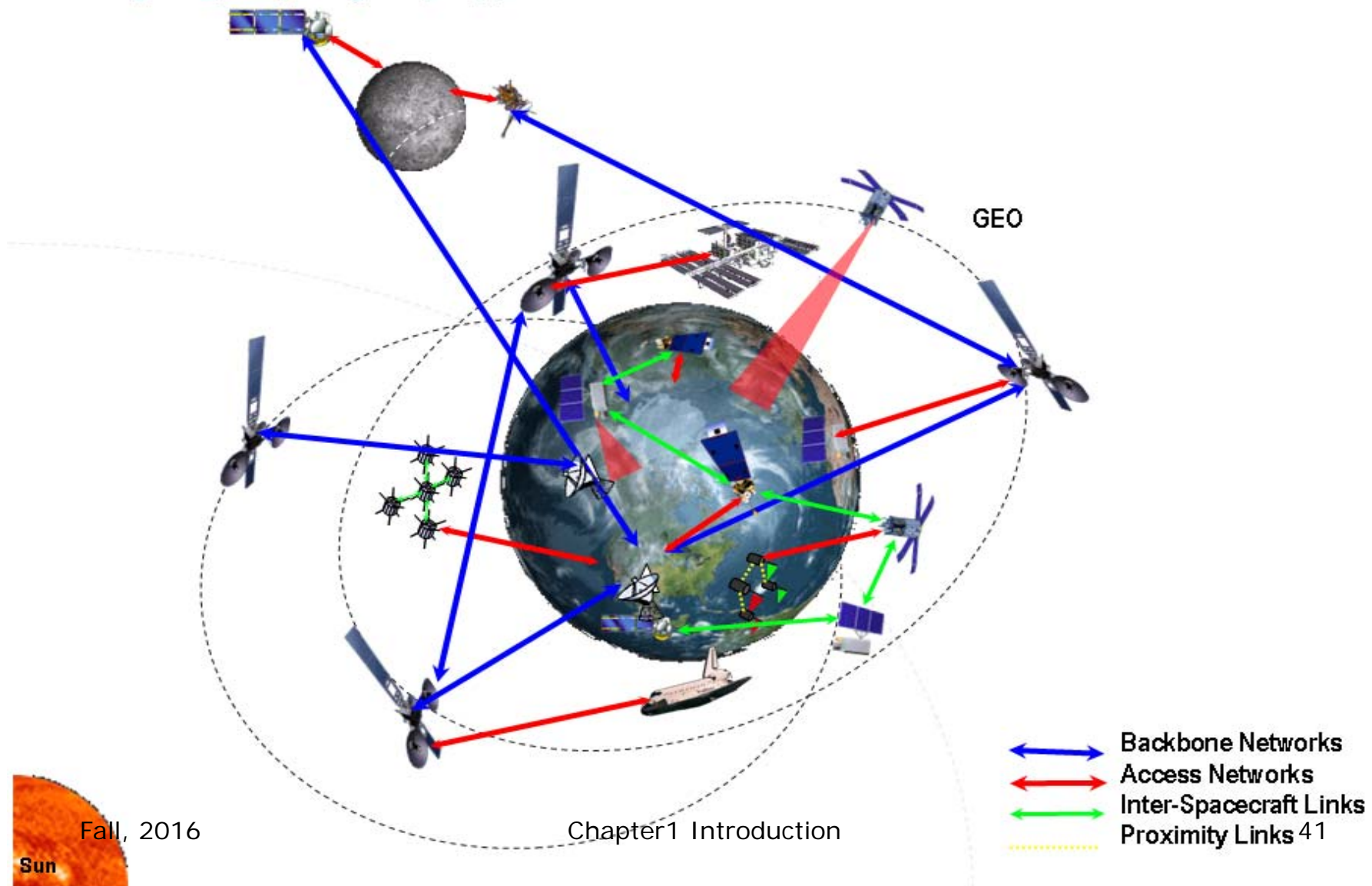
Mercury

Chapter1 Introduction

↔ Backbone Networks
 ↔ Access Networks
 ↔ Inter-Spacecraft Links
 Proximity Links

40

近地空间网络



Fall, 2016

Chapter1 Introduction

- ↔ Backbone Networks
- ↔ Access Networks
- ↔ Inter-Spacecraft Links
- Proximity Links 41

自组织网络

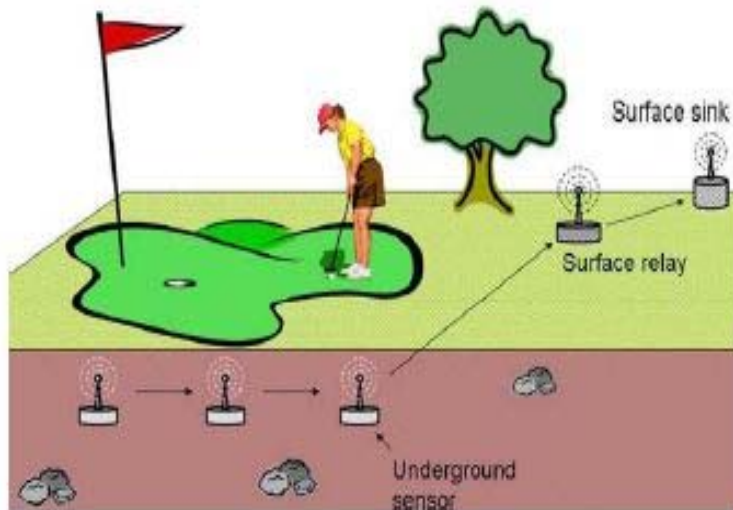
- Ad hoc
- 无线传感网



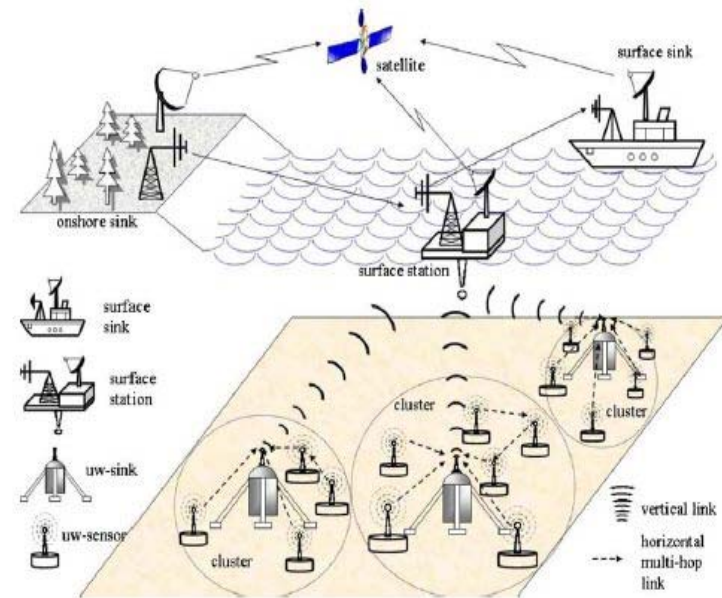
§ 1.3 网络核心—其他新型网络

■ 地下无线传感器网络 (UWSN, Underground Wireless Sensor Networks)

■ 水声传感器网络 (UASN, Underwater Acoustic Sensor Networks)



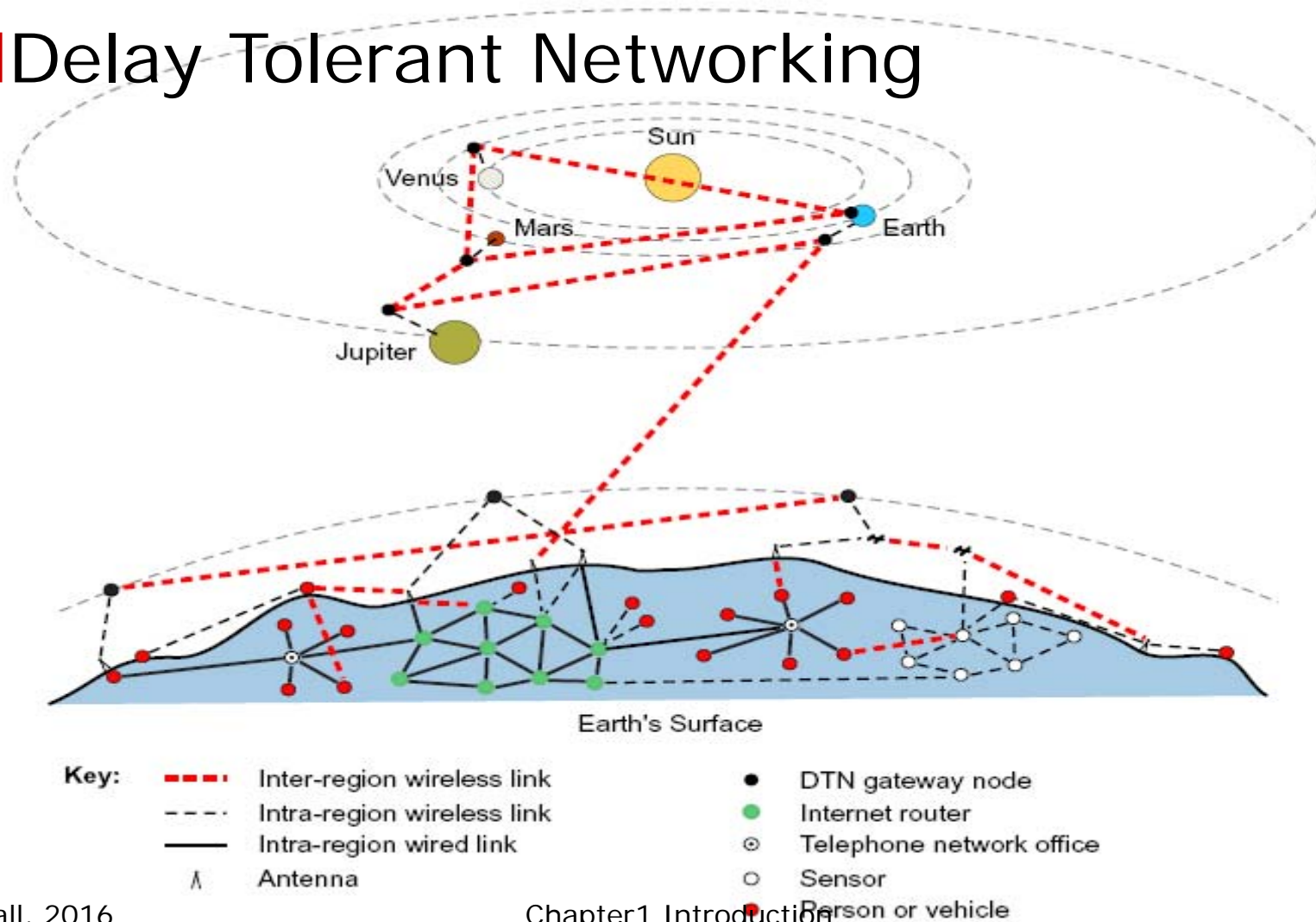
UWSN



UASN

§ 1.3 网络核心—时延可容忍网络

□ Delay Tolerant Networking



§ 1.3 网络核心

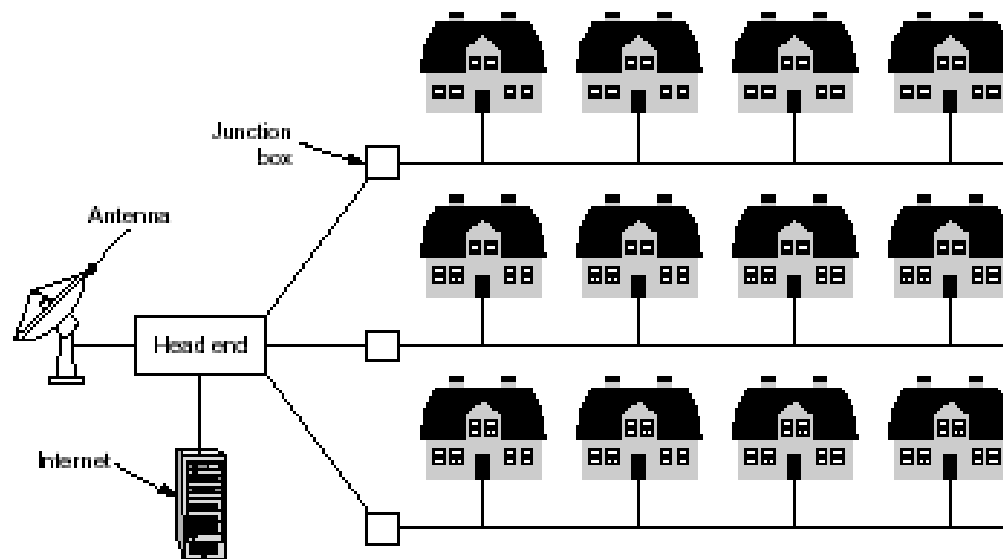
1.3.1 广域网的概念及特点

1.3.2 电路交换和分组交换

1.3.3 ISP和骨干网

1.3.1 广域网的概念及特点

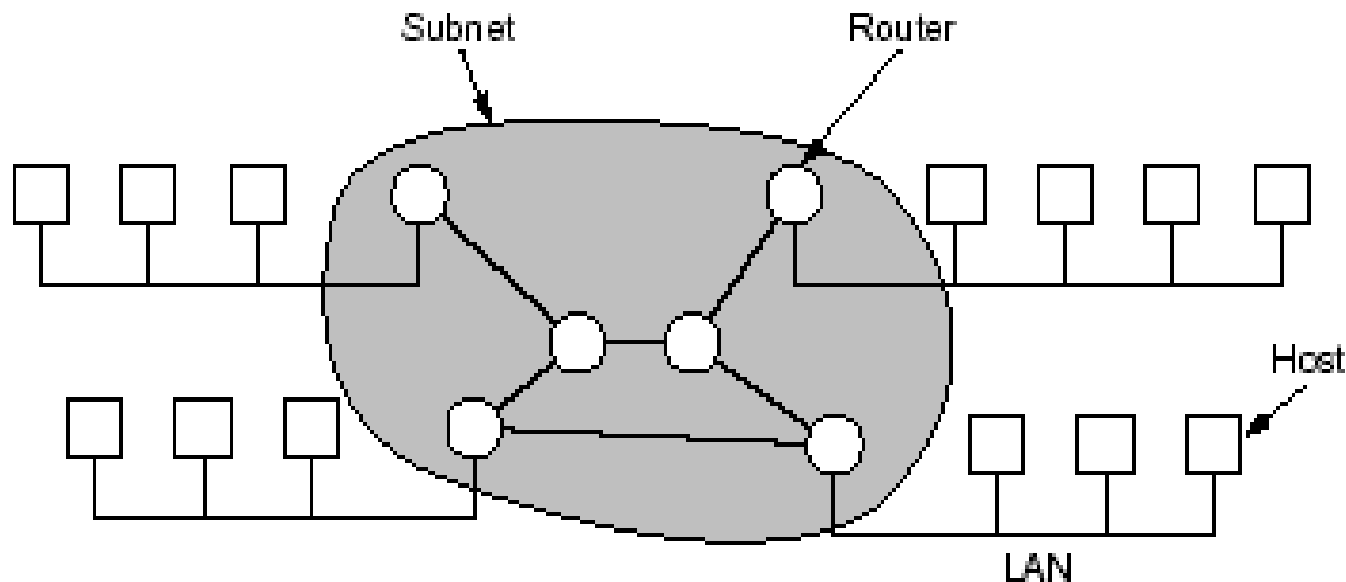
- 城域网 (metropolitan area network, MAN)
 - 城域网覆盖了一个城市，规模介于LAN和WAN之间
 - 最著名的城域网的例子是有线电视网。



[Tanenbaum]

1.3.1 广域网的概念及特点

- 广域网(Wide Area Network-WAN)的组成:
 - 主机
 - 通信子网(交换节点和传输线路)



[Tanenbaum]

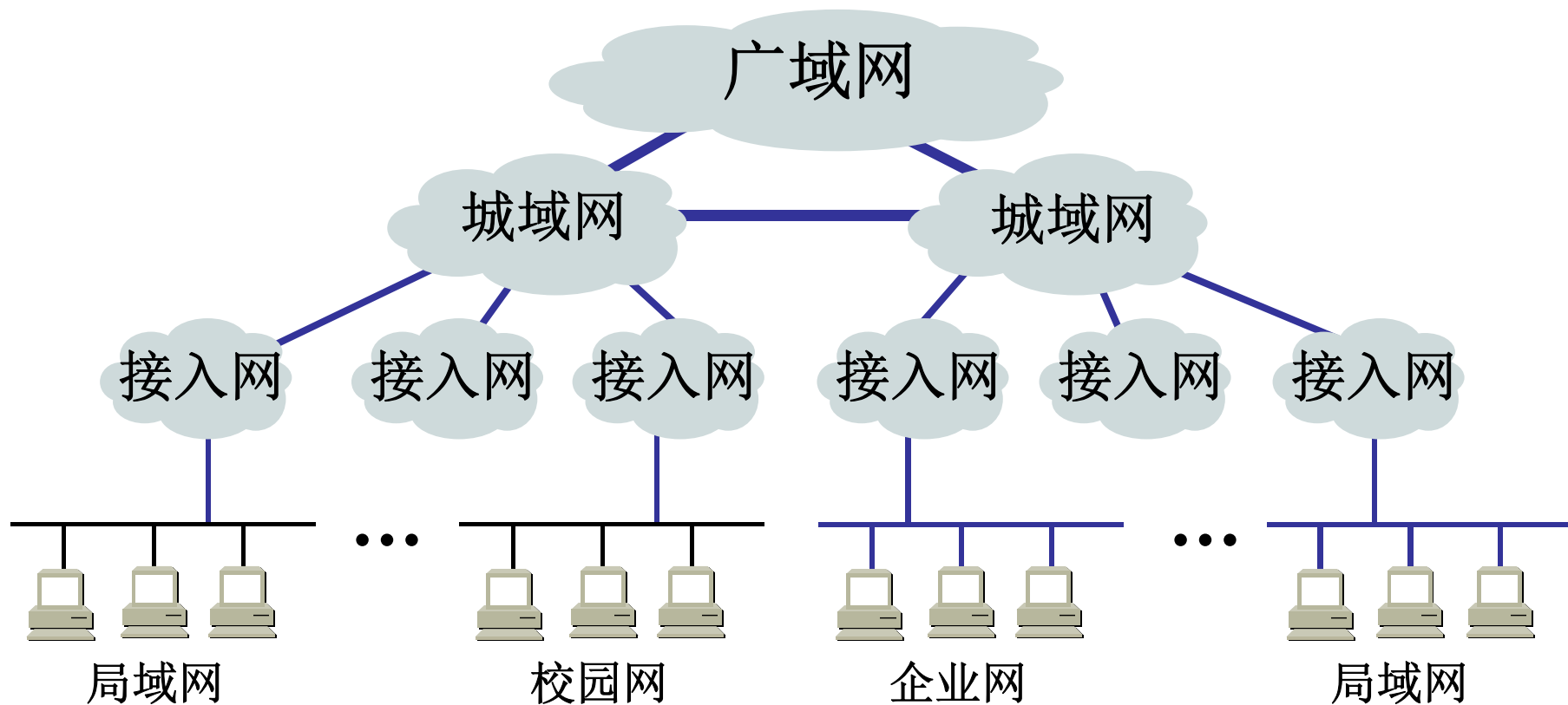
1.3.1 广域网的概念及特点

□ 广域网的技术特点

- 广域网也称为远程网；
- 覆盖地理范围从几十公里到几千公里；
- 覆盖一个国家、地区，或横跨几个洲，形成国际性的远程网络；
- 通信子网主要使用分组交换技术；
- 它将分布在不同地区的计算机系统互连起来，达到资源共享的目的。

1.3.1 广域网的概念及特点

□ 广域网、城域网、局域网的关系



1.3.1 广域网的概念及特点

□ 局域网和广域网的侧重点 不同

■ LAN: 共享信道, 冲突算法

解决网络中随时可能产生的冲突, 减少冲突, 减少错误

■ WAN: 网状拓扑, 路由算法

找出一条最佳的路径, 从而加快转发速度, 减少错误

1.3.2 电路交换和分组交换

□ 电话系统

- 笨终端，聪明的网络
- 确保每个网络部件都是可靠的
- 系统可靠性 = 部件可靠性
- 通过局部冗余实现部件的高可靠性
- 期望每个部件都能正常工作，部件失败的可能性很低
- 需要人工配置的，高度控制的网络

1.3.2 电路交换和分组交换

□ 分组交换系统

- 建立在简单的、不可靠部件上的可靠系统
- 自适应的系统
- 聪明的终端，可以修正传输错误
- 分组交换网络抵御故障的能力较强，重新传输的是出问题的数据包、而不是全部信息。如果数据包遇到发生故障的计算机或中断了的线路，它们会另找其他的传输路径。

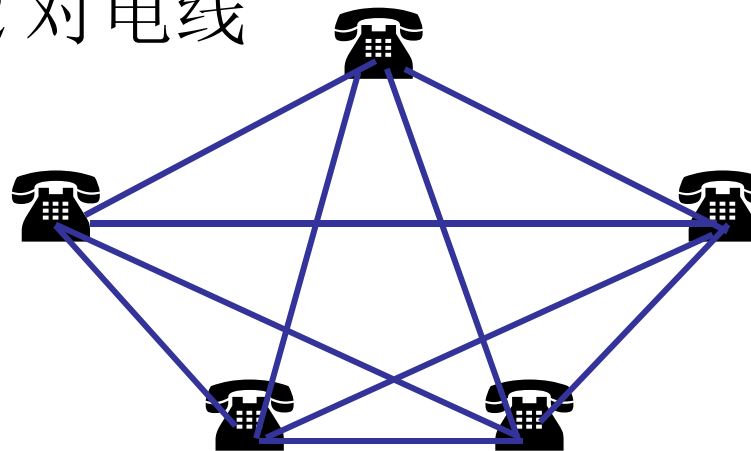
1.3.2 电路交换和分组交换

□ 1、电路交换的主要特点

- 两部电话机只需要用一对电线就能够互相连接起来



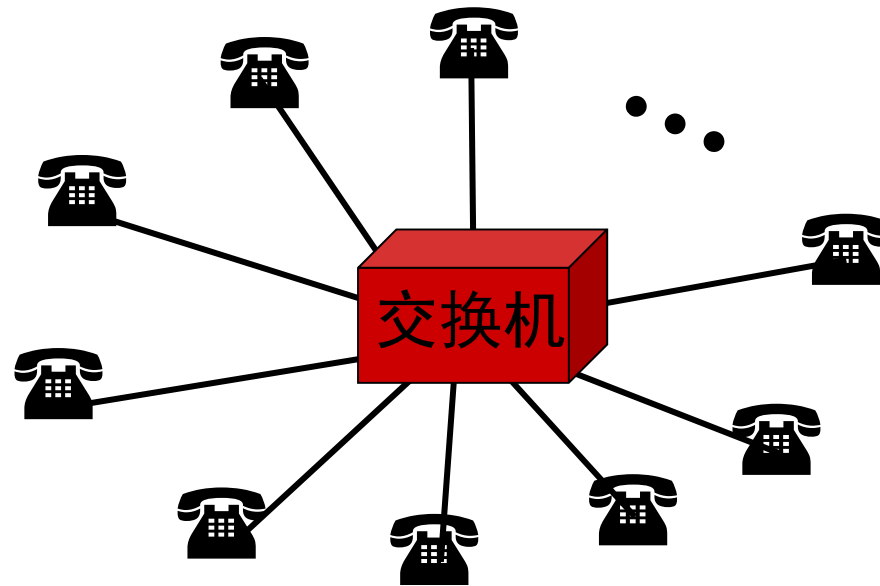
- N 部电话机两两相连，无交换，
需 $N(N-1)/2$ 对电线



1.3.2 电路交换和分组交换

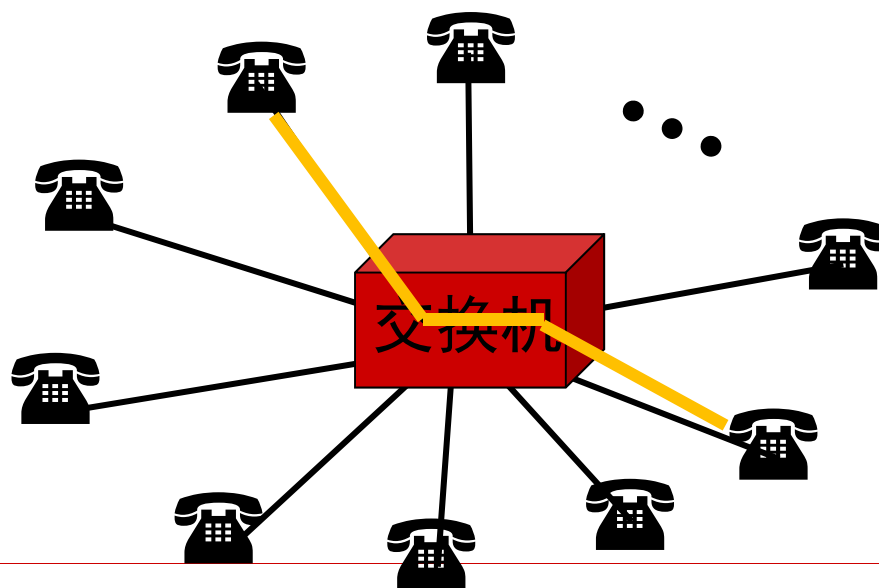
□ 电路交换的主要特点

使用交换机：当电话机的数量增多时，要使用交换机来完成全网的交换任务



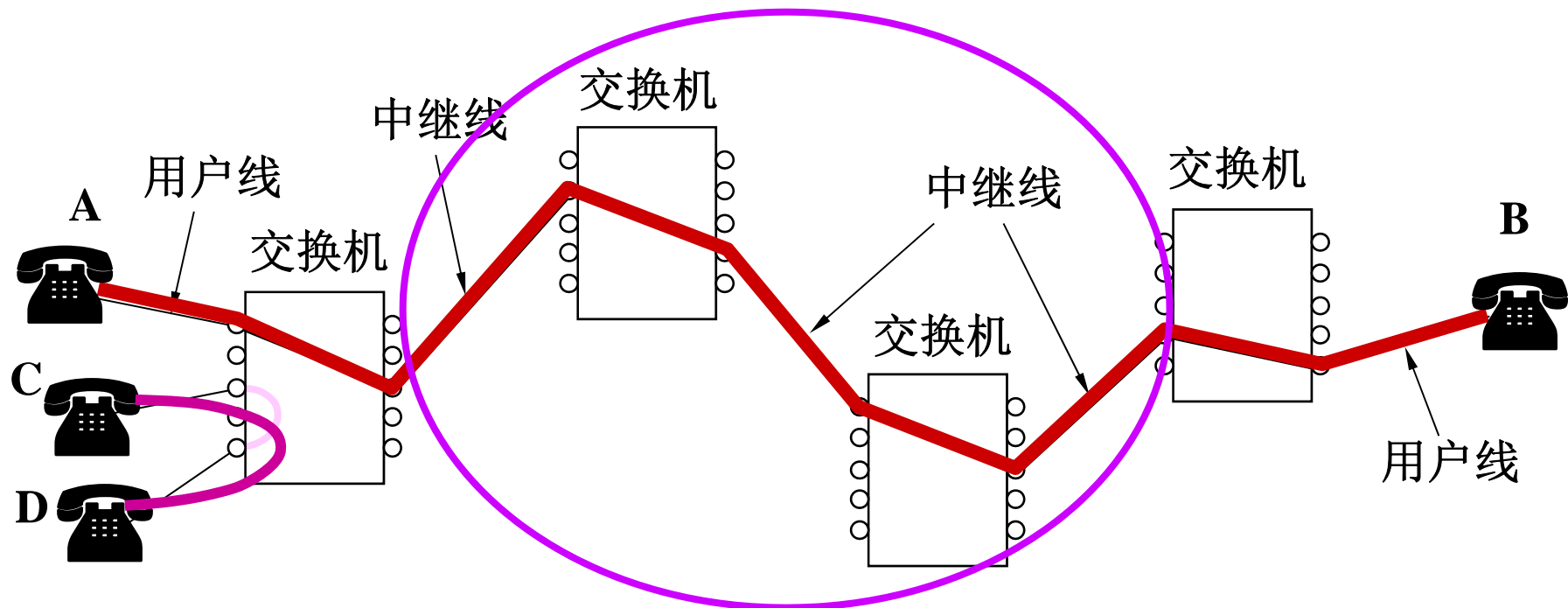
什么是交换？

- ❑ “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。



1.3.2 电路交换和分组交换

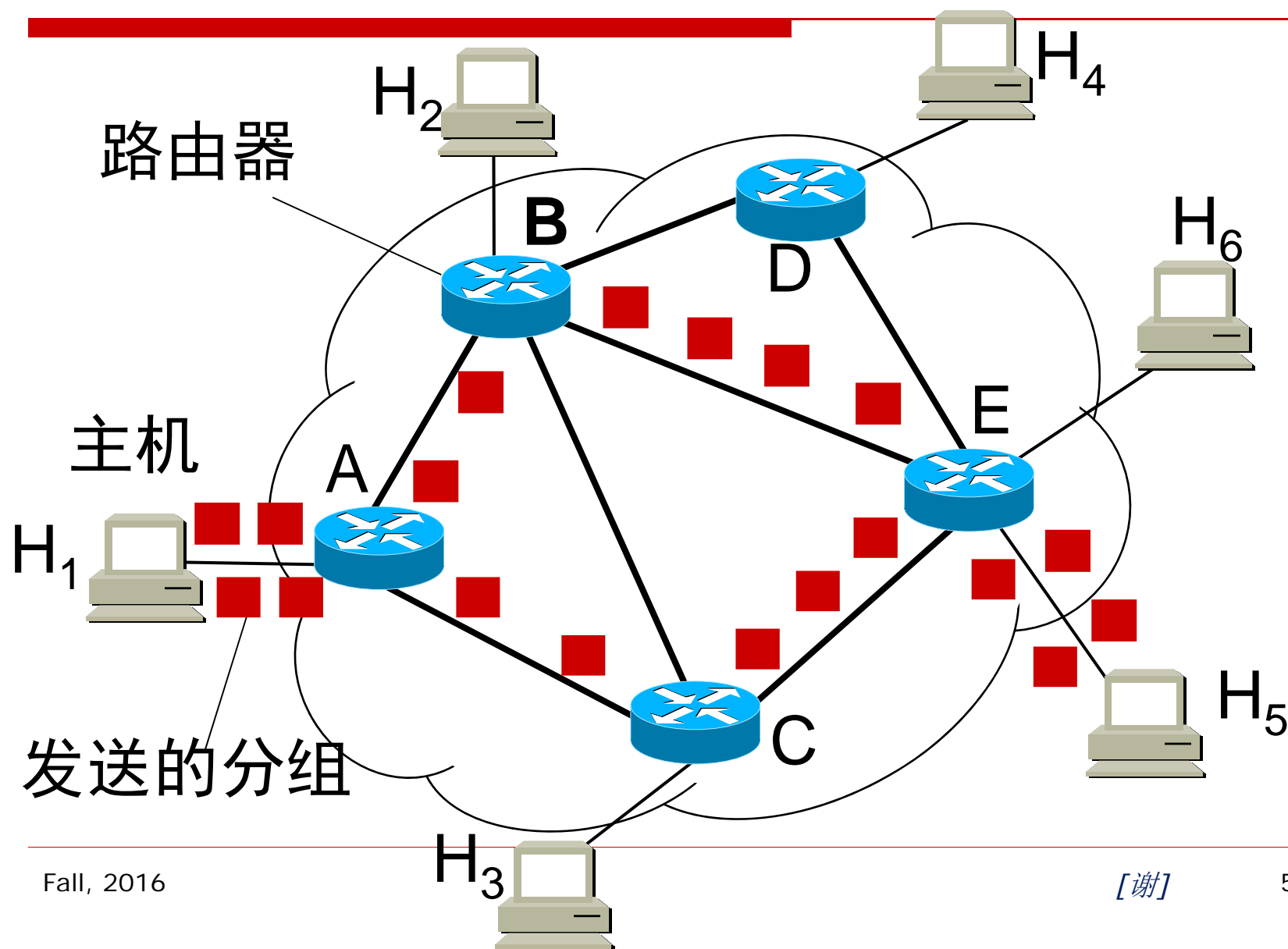
□ 电路交换的三个阶段：
建立连接、通信、释放连接



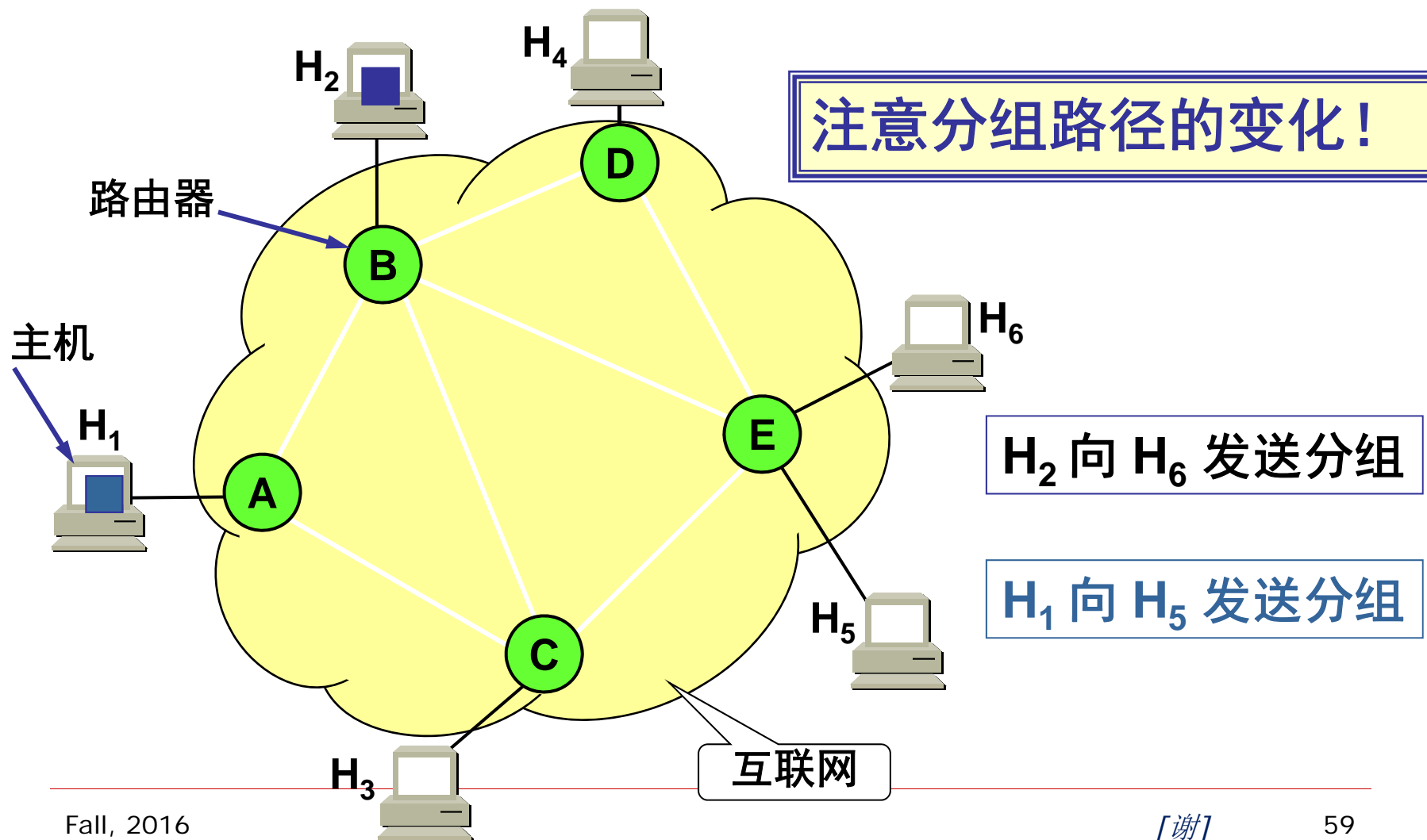
1.3.2 电路交换和分组交换

- 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；
 - 每一个数据段前面添加上首部构成分组；
 - 依次把各分组发送到接收端；
 - 接收端收到分组后剥去首部还原成报文

分组交换：数据先分成分组后再传输



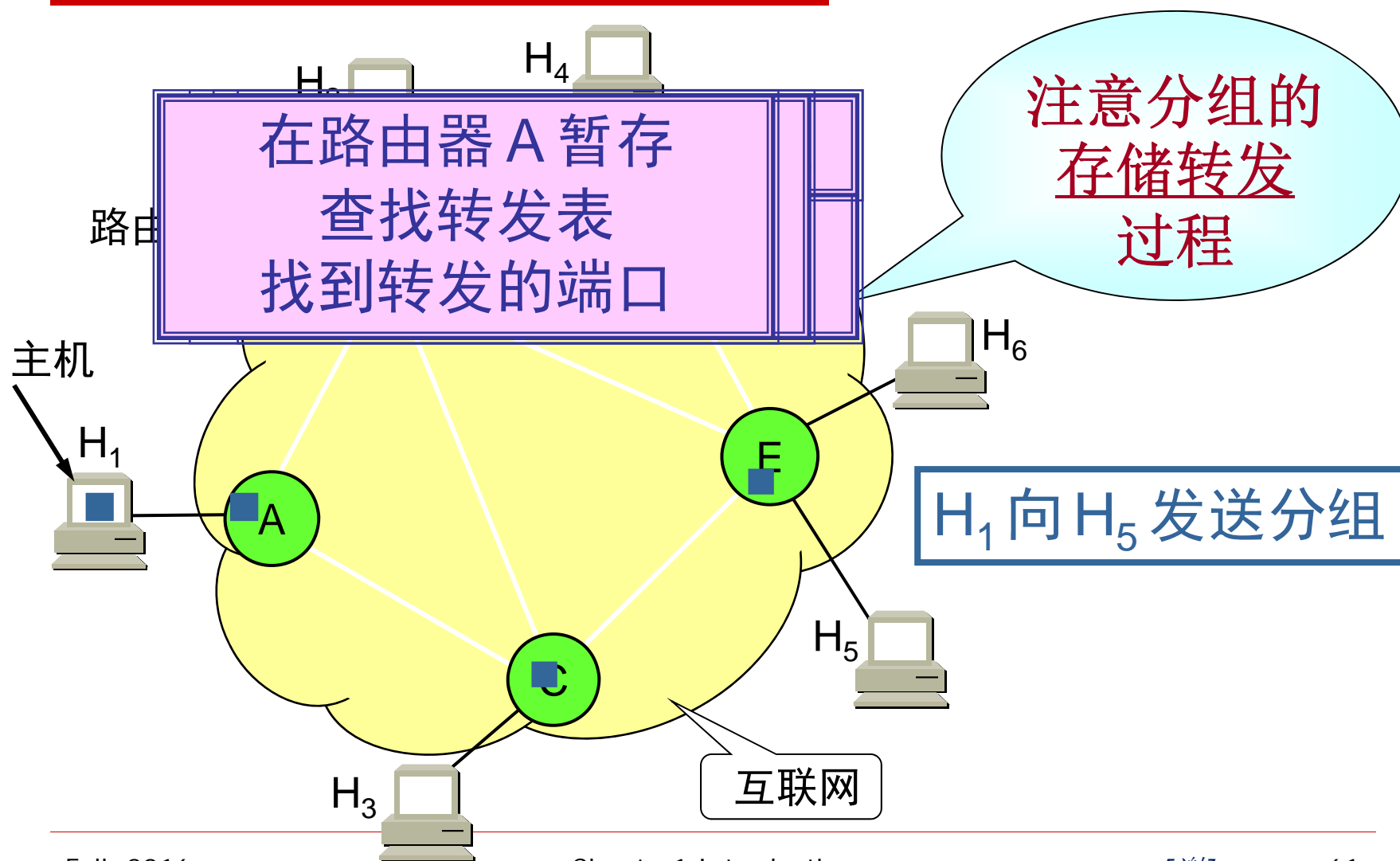
分组交换：每个分组单独选路



分组交换：路由器的处理过程

- 在路由器中的输入和输出端口之间没有直接连线（即没有建立物理连接）。
- 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。

1.3.2 电路交换和分组交换

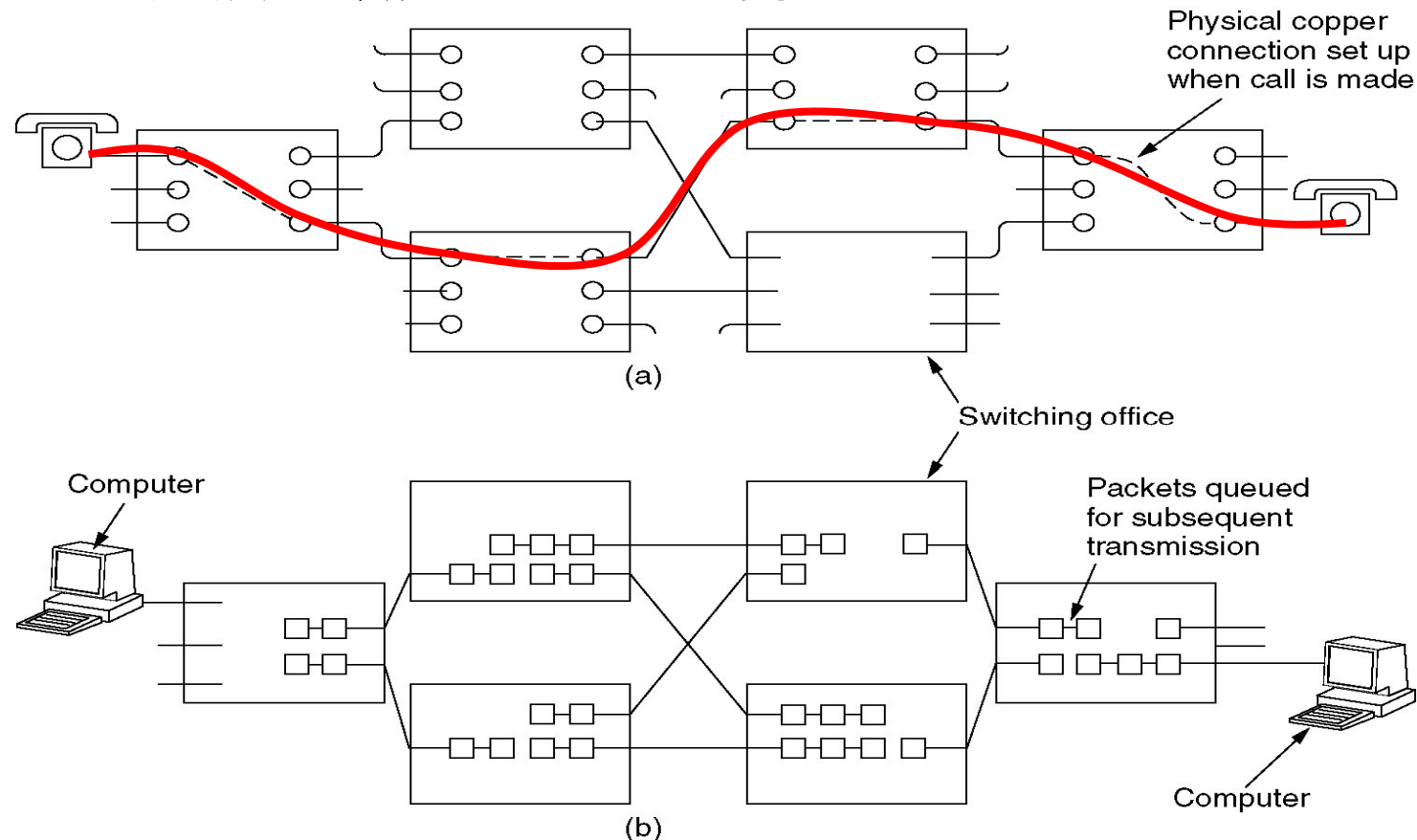


1.3.2 电路交换和分组交换

- 主机和路由器的作用不同
 - 主机是为用户进行信息处理的，并向网络发送分组，从网络接收分组。
 - 路由器对分组进行存储转发，最后把分组交付目的主机。

1.3.2 电路交换和分组交换

电路交换：预先建立专用的物理链路



分组交换：数据首先分成多个分组，每个分组单独传送

1.3.2 电路交换和分组交换

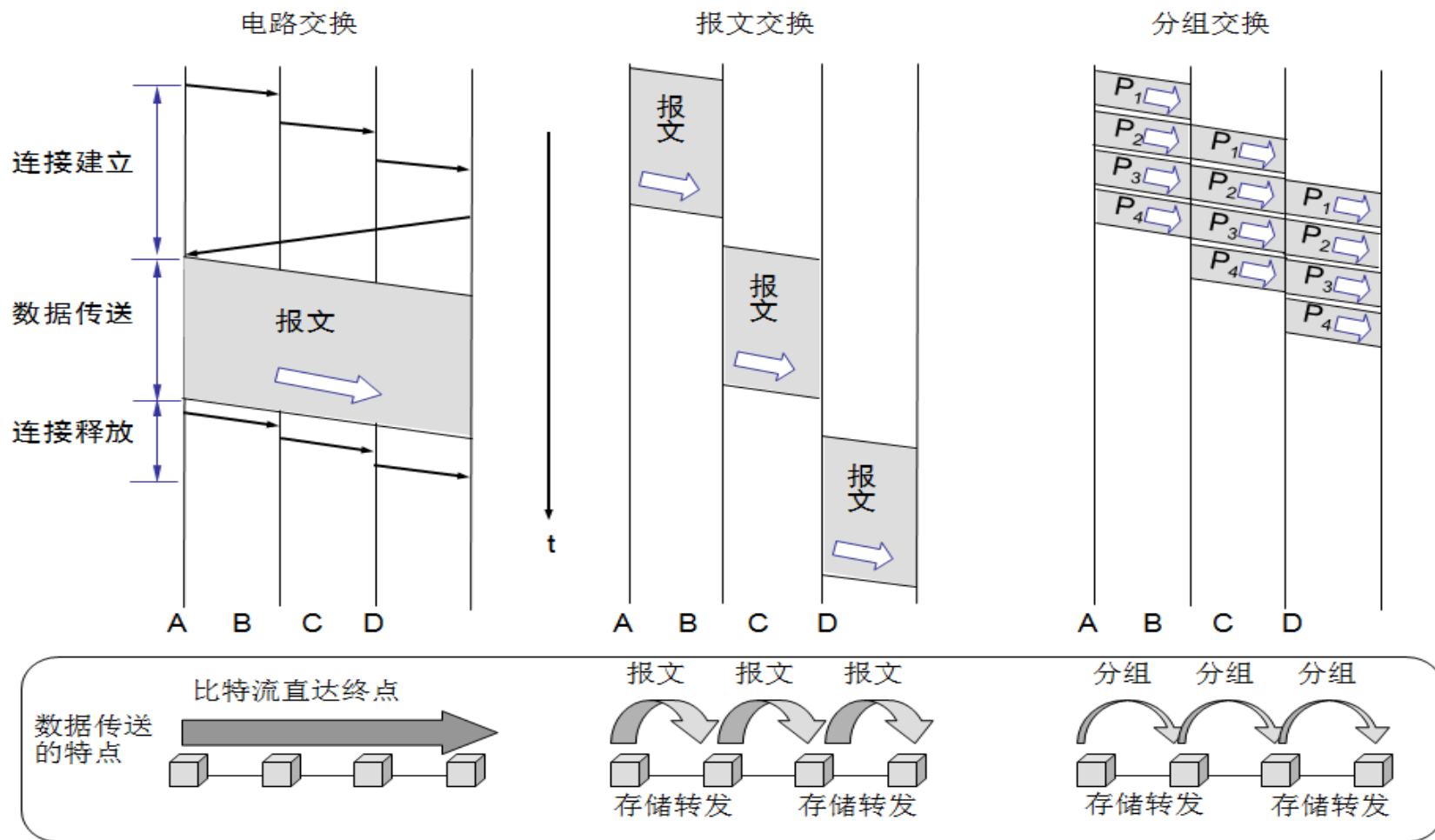
□ 分组交换的优点

- **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

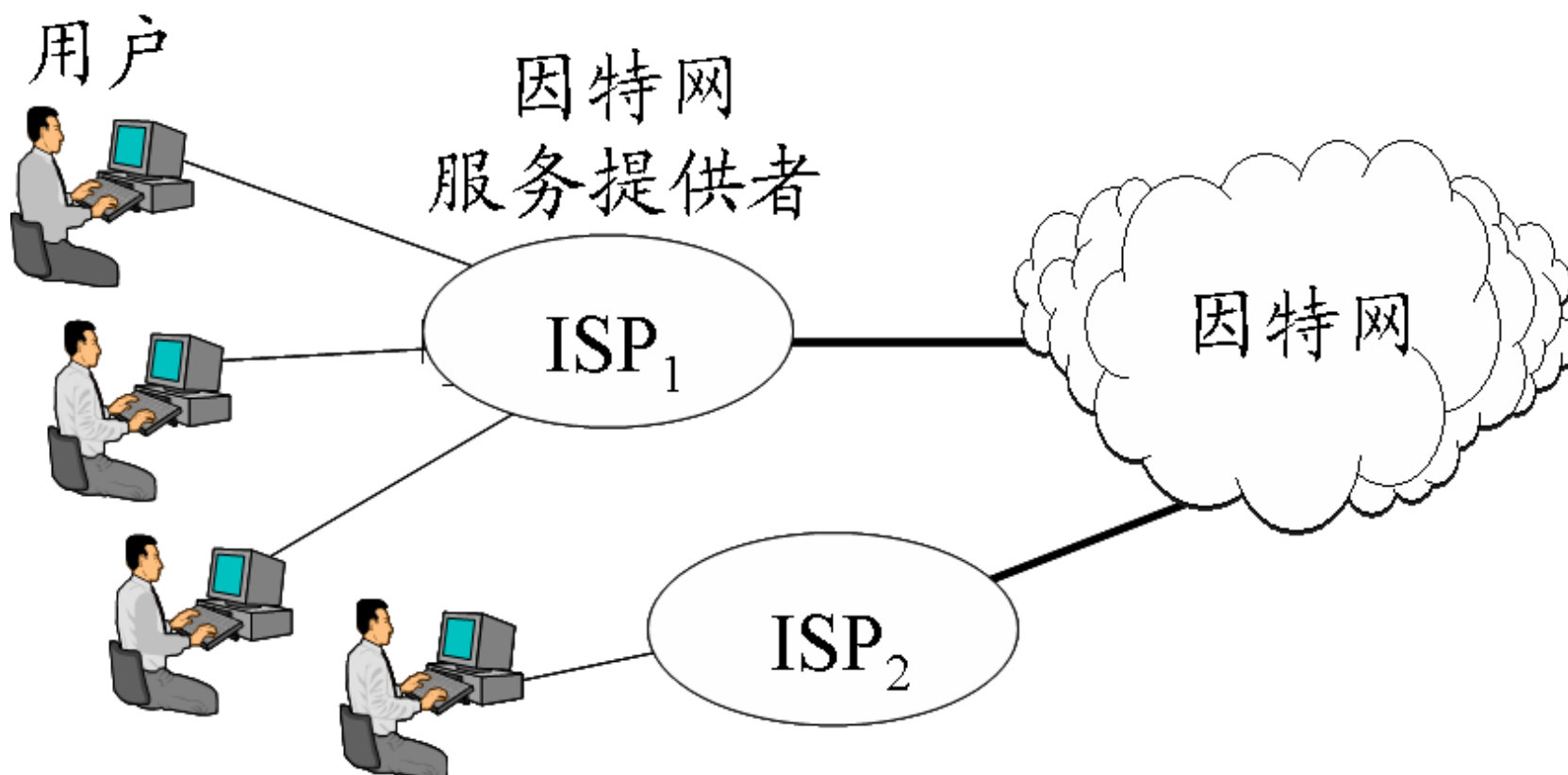
1.3.2 电路交换和分组交换

- 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。

分组交换和电路交换的时延特性

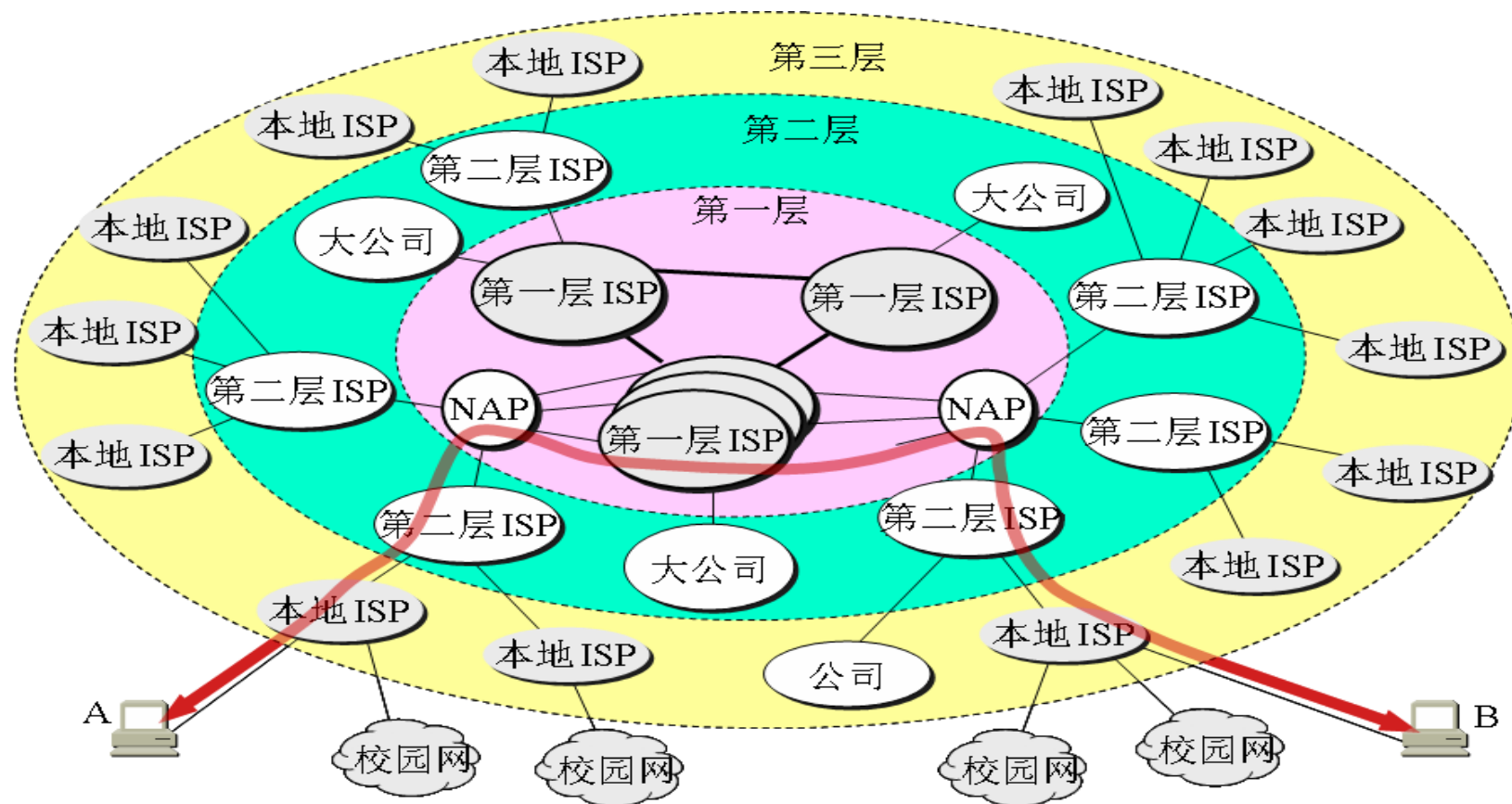


1.3.3 ISP和骨干网



1.3.3 ISP和骨干网

□多层次 ISP 结构的因特网



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

1.3.3 ISP和骨干网

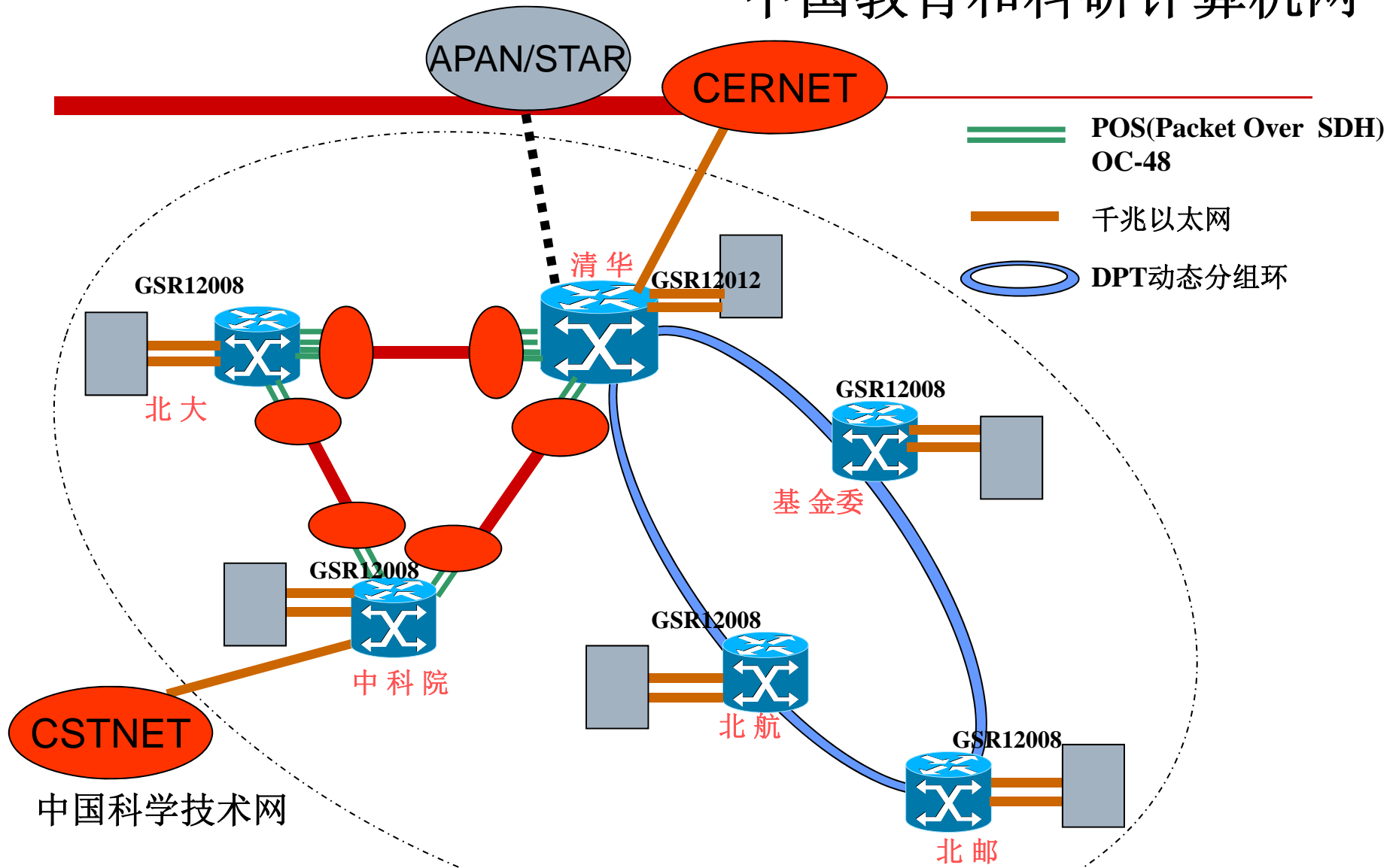
- ❑把城市之间连接起来的网就叫**骨干网**。
- ❑是国家批准可以**直接和国外连接的互联网**。
- ❑其他有接入功能的**ISP**通过骨干网连到国外
- ❑“骨干网”通常是用于描述大型网络结构时经常使用的词语，描述网络结构，主要是要看清楚**网络拓扑结构**，而非具体使用的传输方式或协议。
- ❑骨干网一般都是广域网:作用范围几十到几千公里。

1.3.3 ISP和骨干网

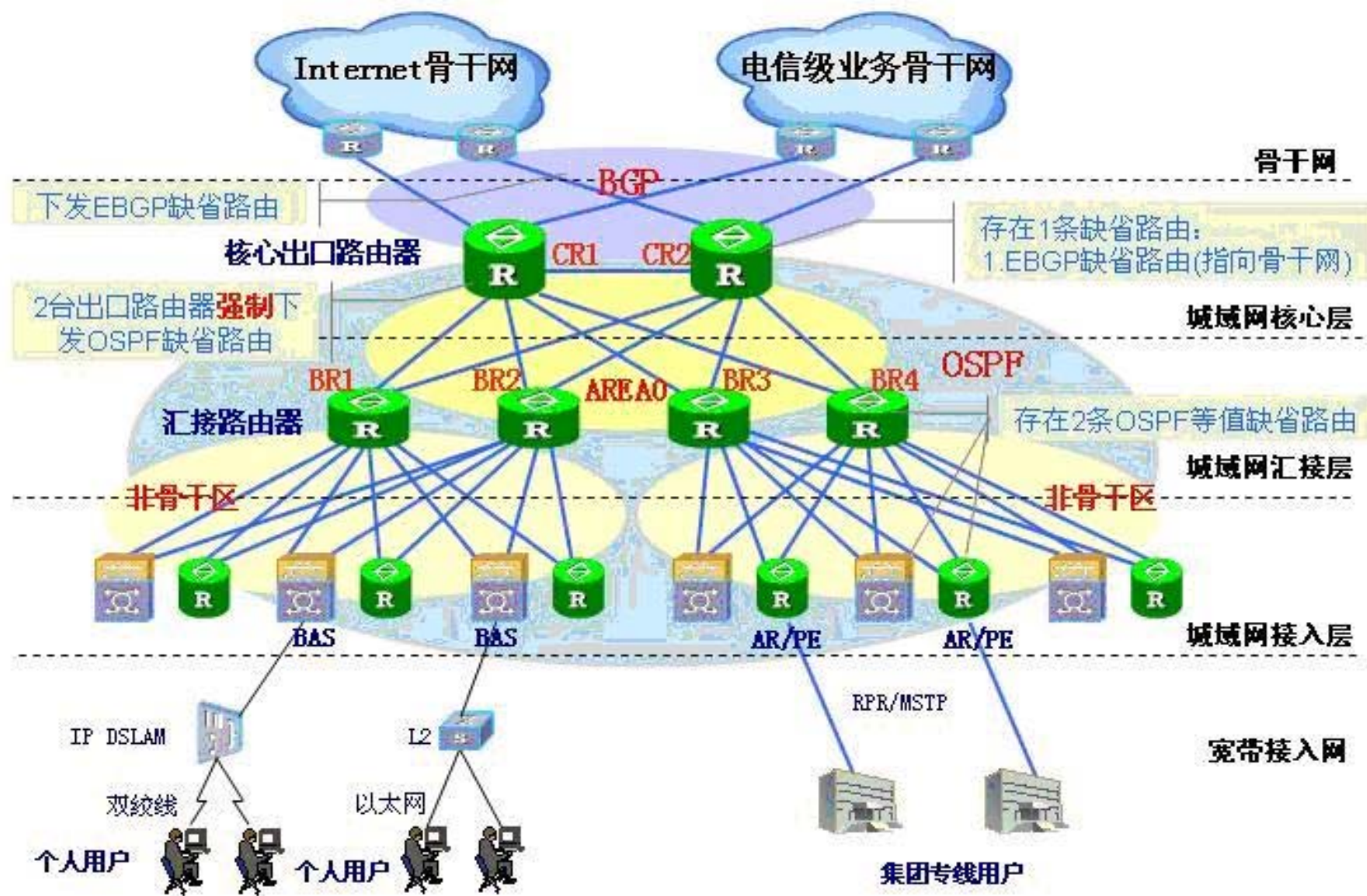
目前我国拥有九大骨干网：

- 中国公用计算机互联网(CHINANET)
- 中国金桥信息网(CHINAGBN)
- 中国联通计算机互联网(UNINET)
- 中国网通公用互联网(CNCNET)
- 中国移动互联网(CMNET)
- 中国教育和科研计算机网(CERNET)
- 中国科技网(CSTNET)
- 中国长城网(CGWNET)
- 中国国际经济贸易互联网(CIETNET)

中国教育和科研计算机网

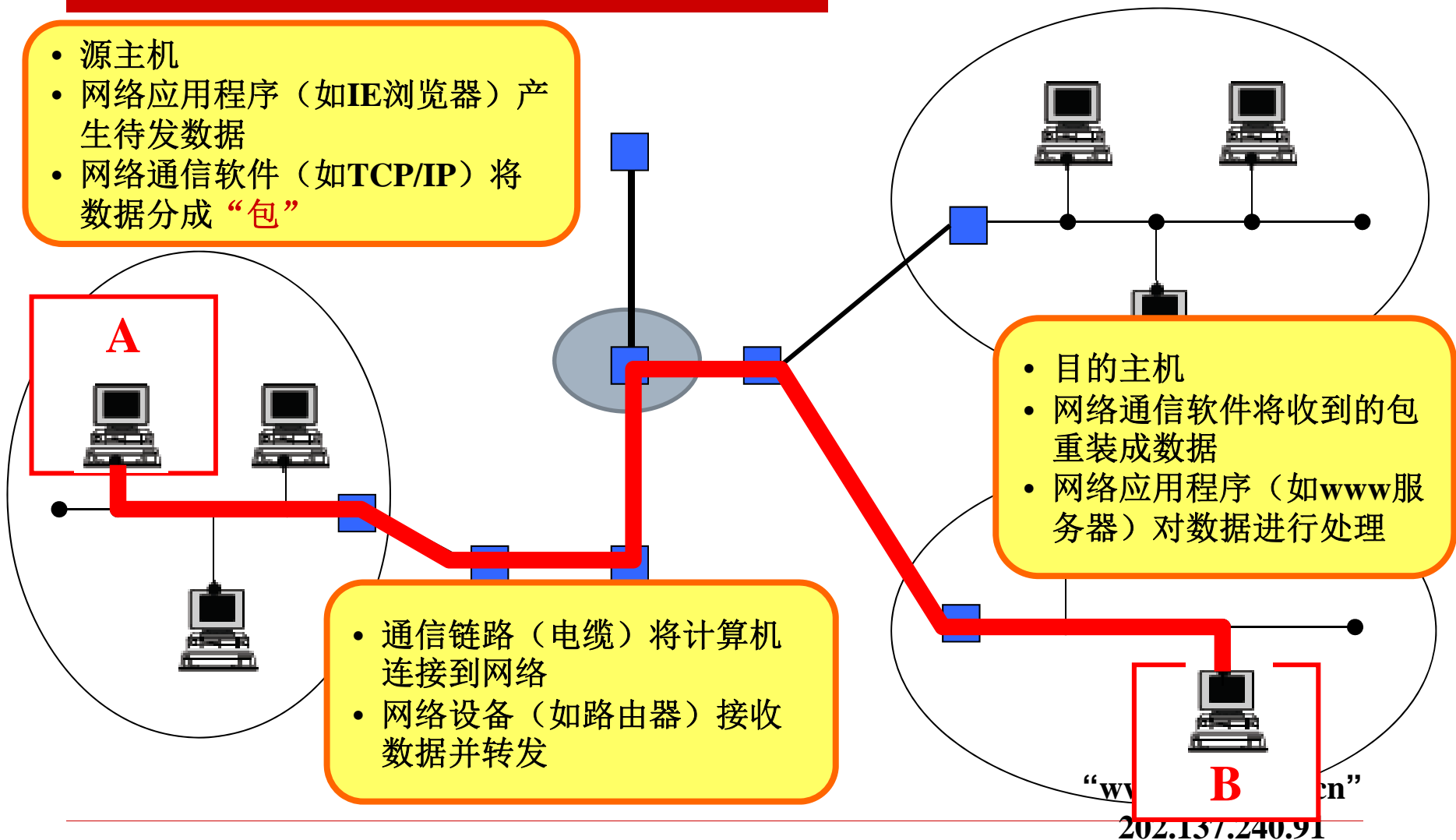




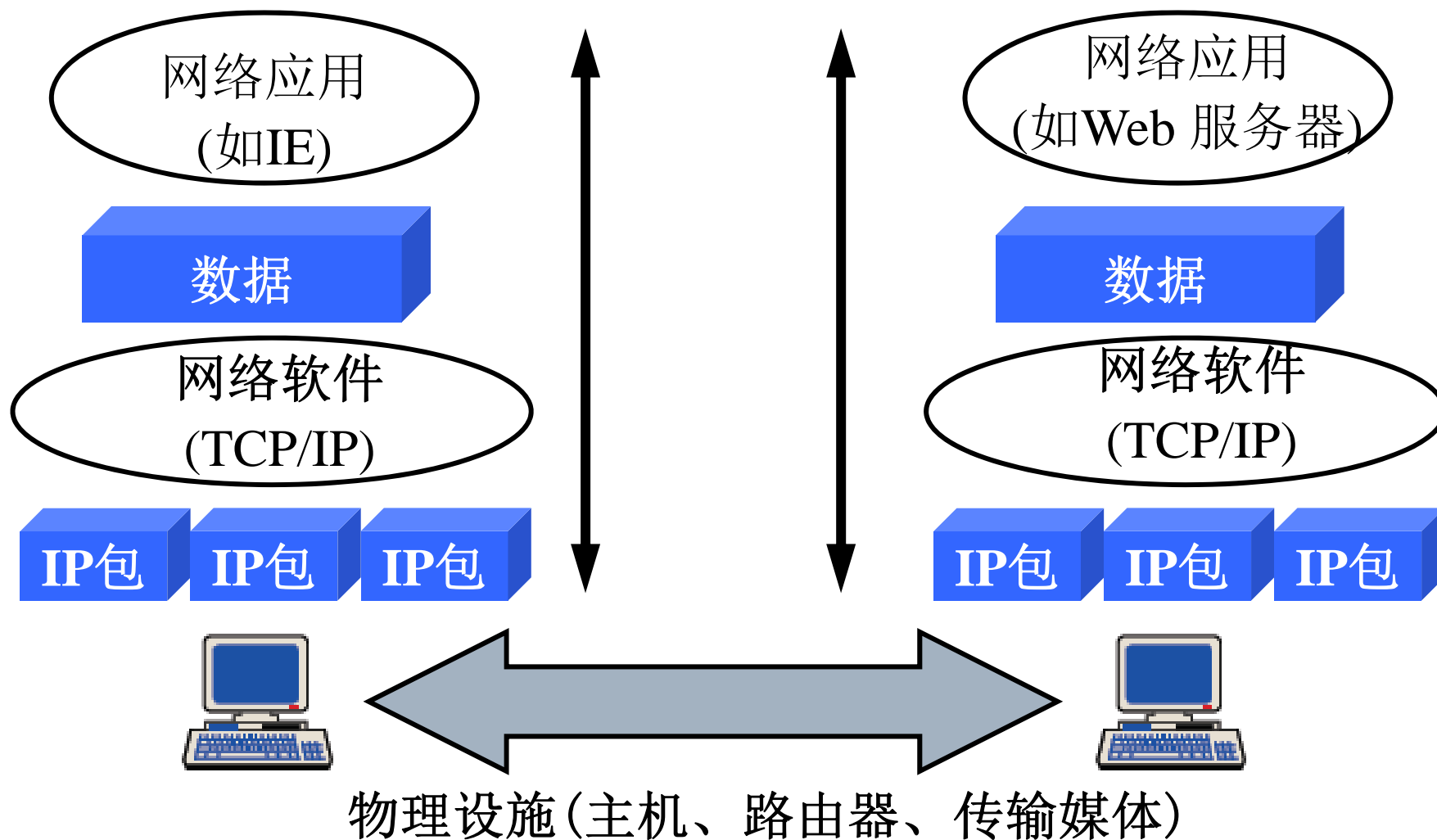


因特网中主机的通信过程（1）

- 源主机
- 网络应用程序（如IE浏览器）产生待发数据
- 网络通信软件（如TCP/IP）将数据分成“包”



因特网中主机的通信过程（2）



§ 1.4 衡量网络性能的指标

1.4.1 带宽

1.4.2 时延

1.4.3 吞吐量

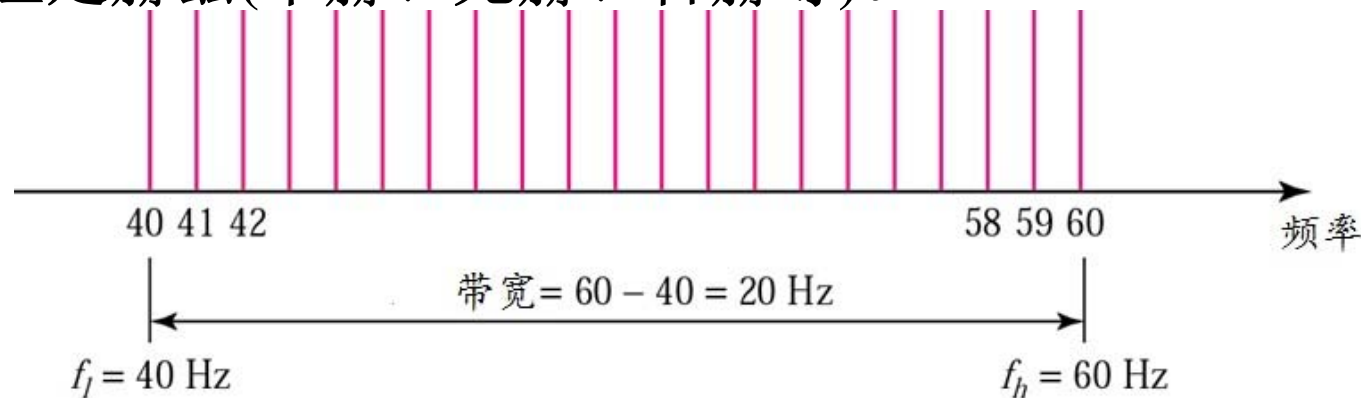
1.4.1 带宽

□ 1. 速率

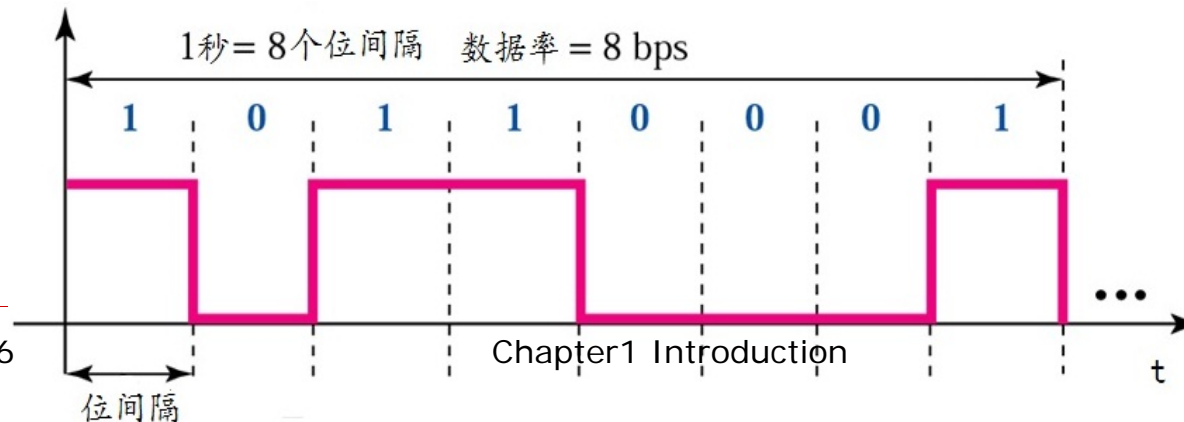
- 比特(bit, 位)是计算机中数据量的单位, 也是信息论中使用的信息量的单位。
- Bit (binary digit)意思是一个“二进制数字”, 一个比特就是二进制数字中的一个 1 或 0
- 速率即数据率(data rate)或比特率(bit rate)是连接在计算机网络上的主机在数字信道上传输数据的速率, 是一个最重要的性能指标。速率的单位是 b/s, kb/s, Mb/s, Gb/s 等
- 速率往往是指额定速率或标称速率

1.4.1 带宽

- “**带宽**” (bandwidth)本来是指信号具有的频带宽度，单位是赫兹(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 (bps)。



常用的带宽单位

□常用的带宽单位

千比每秒，即 kb/s (10^3 b/s)

兆比每秒，即 Mb/s (10^6 b/s)

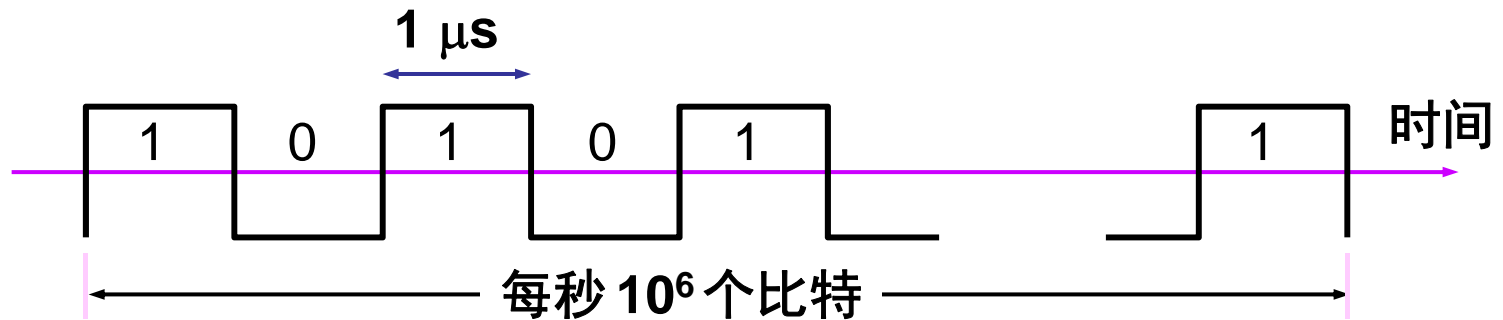
吉比每秒，即 Gb/s (10^9 b/s)

太比每秒，即 Tb/s (10^{12} b/s)

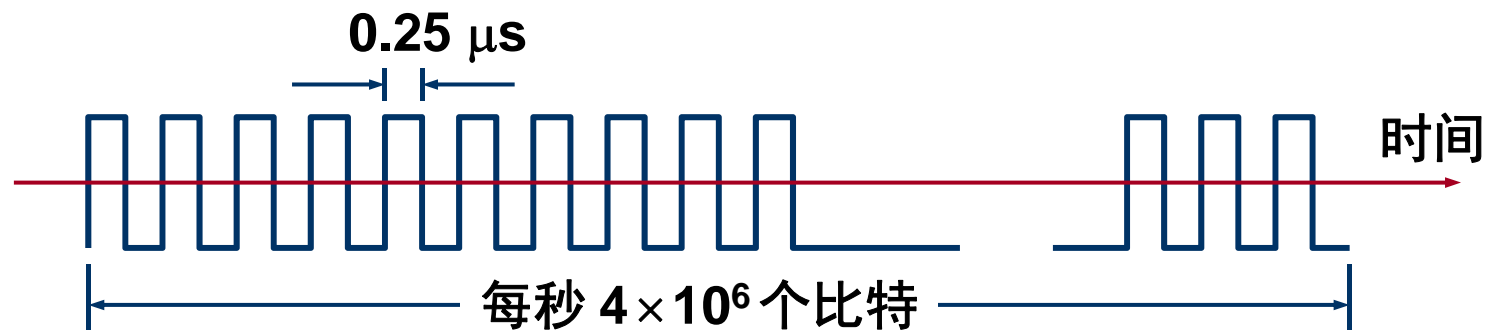
1.4.1 带宽

- 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 Mbps



带宽为
4 Mbps



1.4.2 时延(delay 或 latency)

□ 1、发送时延：

- 发送数据时，数据块从节点进入到传输媒体所需要的时间。
- 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。

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

1.4.2 时延(delay 或 latency)

2、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。

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

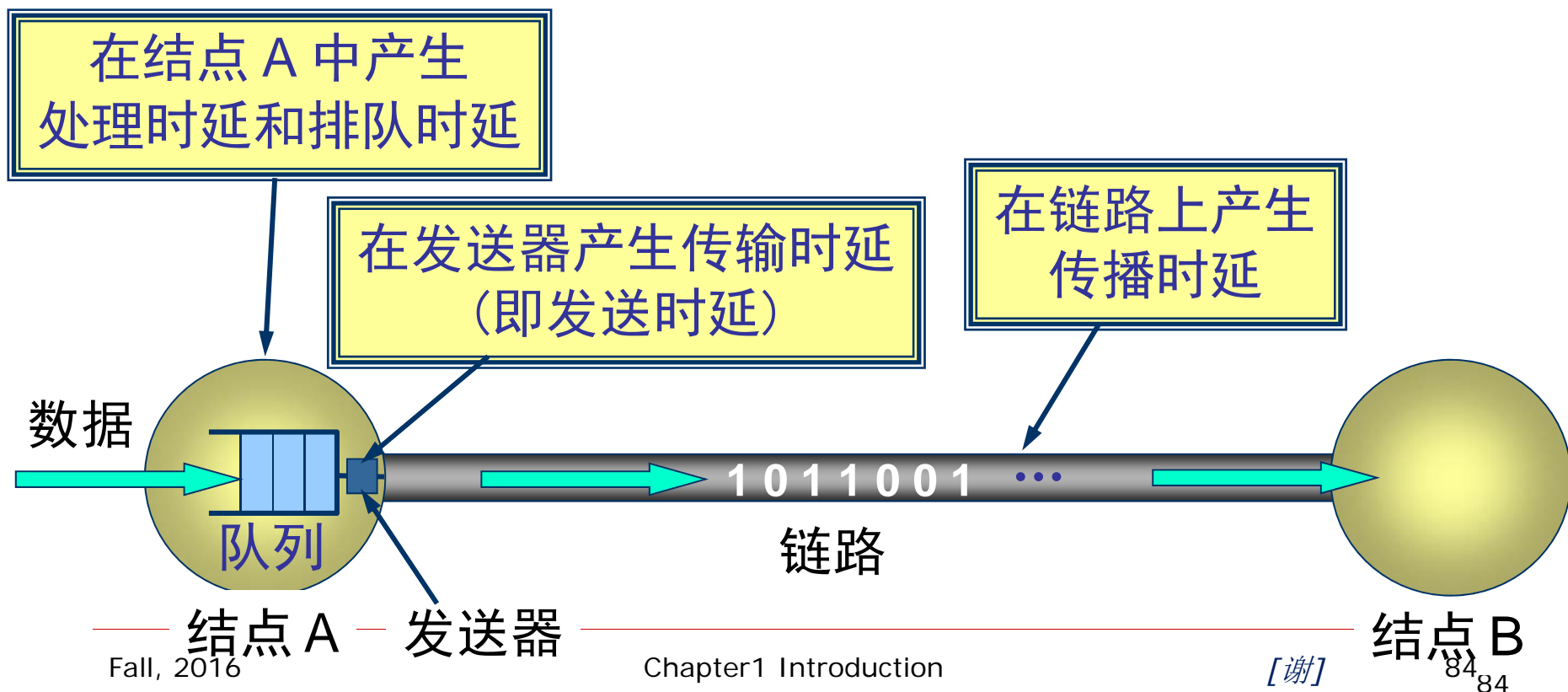
1.4.2 时延(delay 或 latency)

- 3、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
- 4、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。
- 5、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 + 处理时延 + 排队时延

1.4.2 时延(delay 或 latency)

- 从结点 A 向结点 B 发送数据，四种时延所产生的地方



1.4.3 吞吐量

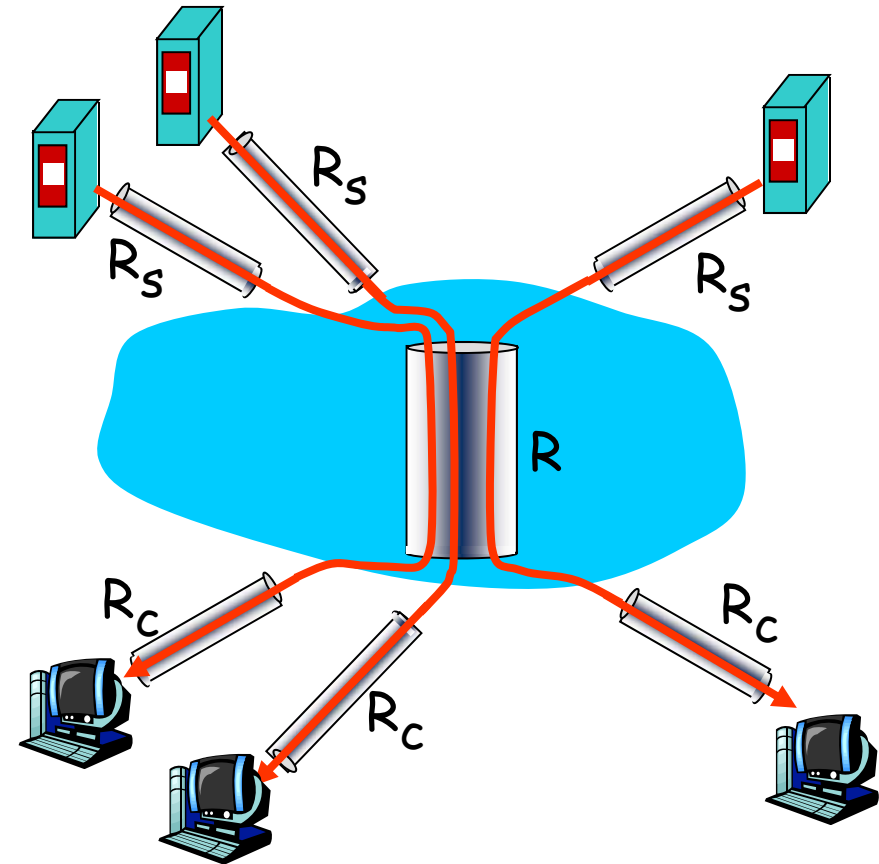
- ❑ 吞吐量：每秒能够成功传输的数据量(瞬时、平均)
- ❑ 吞吐量与带宽的区分：两者的单位都是bps.
- ❑ 英文：吞吐量:throughput
带宽: bandwidth
- ❑ 通信链路的带宽一般是指链路上每秒所能传送的比特数，以太网的带宽是10Mbps

1.4.3 吞吐量

- ❑ 区分链路上的可用带宽与实际链路中每秒所能传送的比特数（吞吐量），用“吞吐量”来表示一个系统的测试性能
- ❑ 因为实现受各种低效率因素的影响，由一段带宽为10Mbps的链路连接的一对节点可能只达到2Mbps的吞吐量。
- ❑ 这样就意味着，一个主机上的应用能够以2Mbps的速度向另外的一个主机发送数据。

吞吐量：因特网中的情形

- 每个连接的端到端
吞吐量： $\min(R_c, R_s, R/10)$
- 实际上 R_c 或 R_s 也可能是瓶颈



10 个连接共享瓶颈链路R

§ 1.5 协议和层次体系结构

1.5.1 什么是协议

1.5.2 分层的体系结构

1.5.3 体系结构实例：OSI参考模型

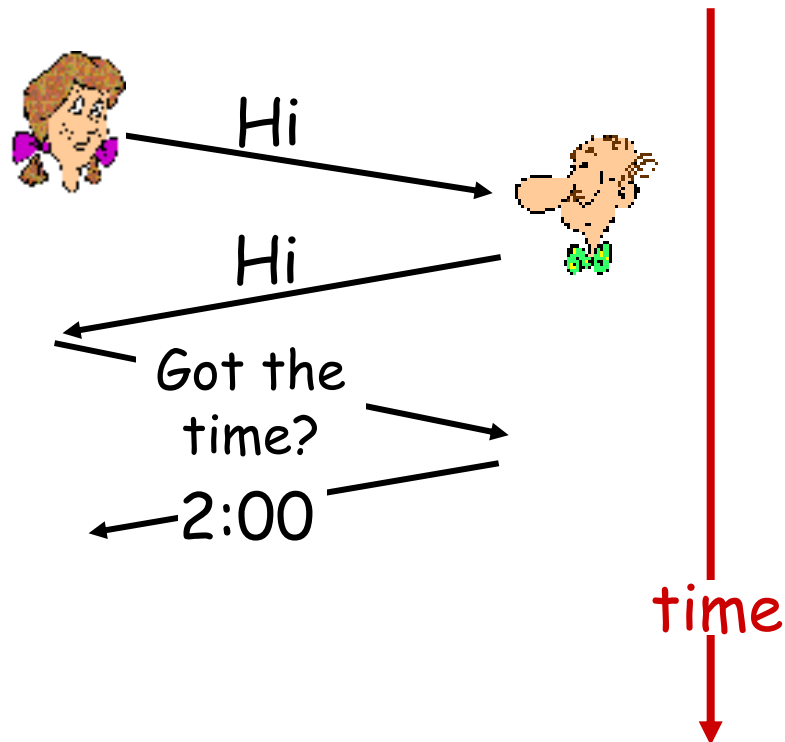
1.5.4 体系结构实例：TCP/IP协议栈

§ 1.5.1 什么是协议

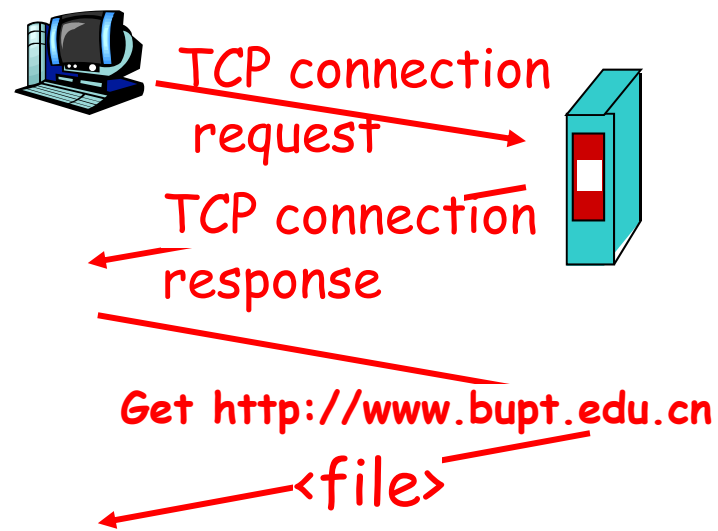
- 协议是通信实体（如网络应用程序）之间通信所必须遵守的规则
- 协议定义了在两个或多个通信实体之间交换的报文格式和次序，以及在报文传输和/或接收或其他事件方面所采取的动作

§ 1.5.1 什么是协议

人际交际的协议



计算机网络的协议



[Kurose]

§ 1.5.1 什么是协议

■ 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

1.5.2 分层的体系结构

网络很复杂!

- 包含很多构件：主机、路由器、链路、应用、协议、硬件、软件.....
- 如何能把网络结构进行合理组织，以便于理解、便于实现？
- 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”相当复杂
- “分层”可将庞大而复杂的问题，转化为若干较小的、比较易于研究和处理的局部问题

1.5.2 分层的体系结构

网络分层协议：邮政系统类比

邮政系统

因特网

分层

双方公认的语言

网络应用(如HTTP)

应用层

信封和回邮地址

可靠交付(TCP)

传输层

收信人地址

源-目的地发送(IP)

网络层

邮政信箱、运输工具、邮递员

网络硬件（主机、路由器、电缆...）

物理层

1.5.2 分层的体系结构

□ 划分层次的必要性

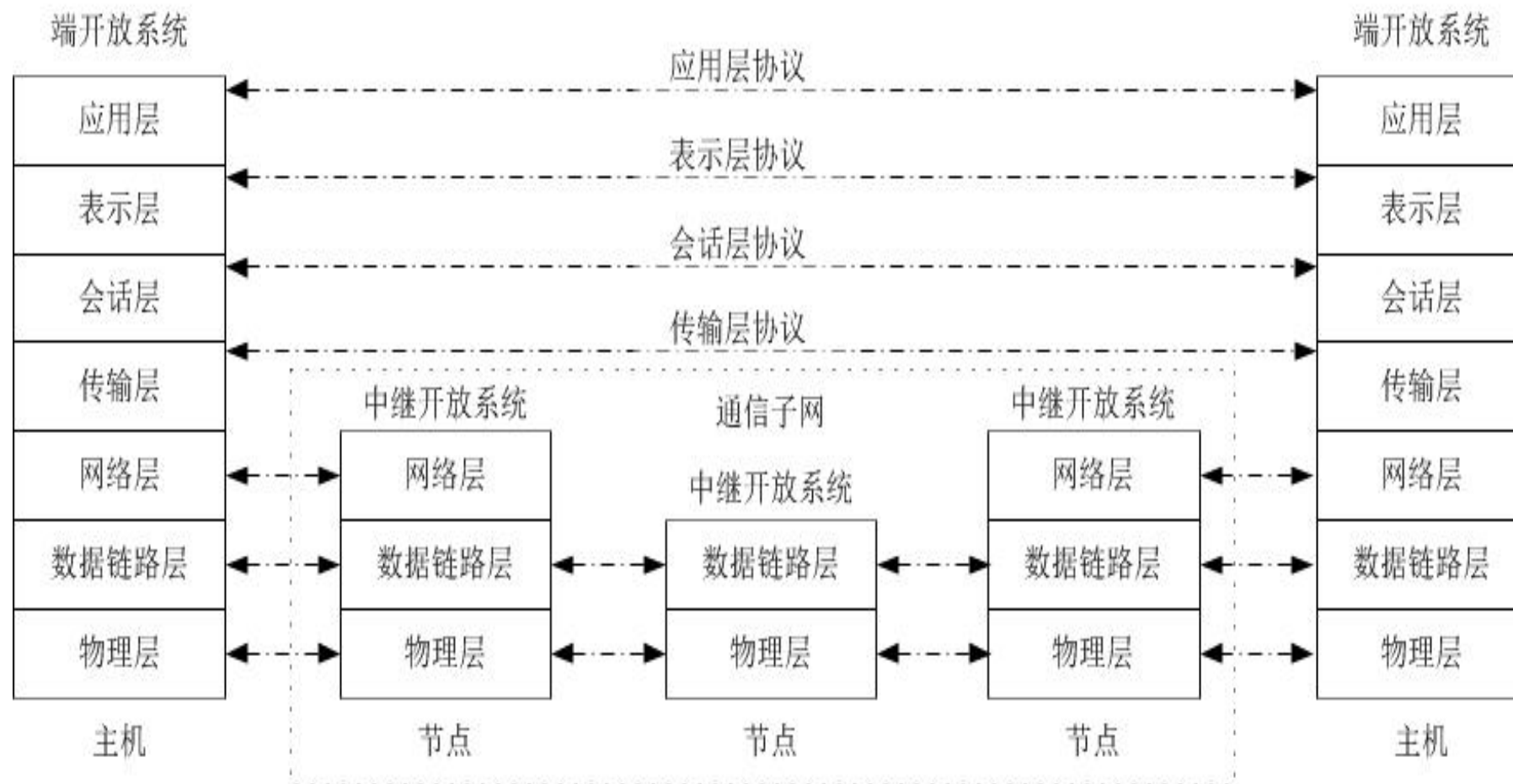
- ◆ 计算机网络中的数据交换必须遵守事先约定好的规则.
- ◆ 这些规则明确规定了所交换的数据的格式以及有关的同步问题(同步含有时序的意思).
- ◆ 网络协议(Network Protocol), 是为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定
- ◆ 体系结构(Network Architecture): 一个系统内的分层及各层协议的集合。

1.5.3 体系结构实例：OSI参考模型

- 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：
 - ✓ 专家们在完成 OSI 标准时没有商业驱动力；
 - ✓ 协议实现起来过分复杂，且运行效率很低；
 - ✓ 制定周期太长，导致按 OSI 标准生产的设备无法及时进入市场；
 - ✓ OSI 的层次划分不太合理，有些功能在多个层次中重复出现



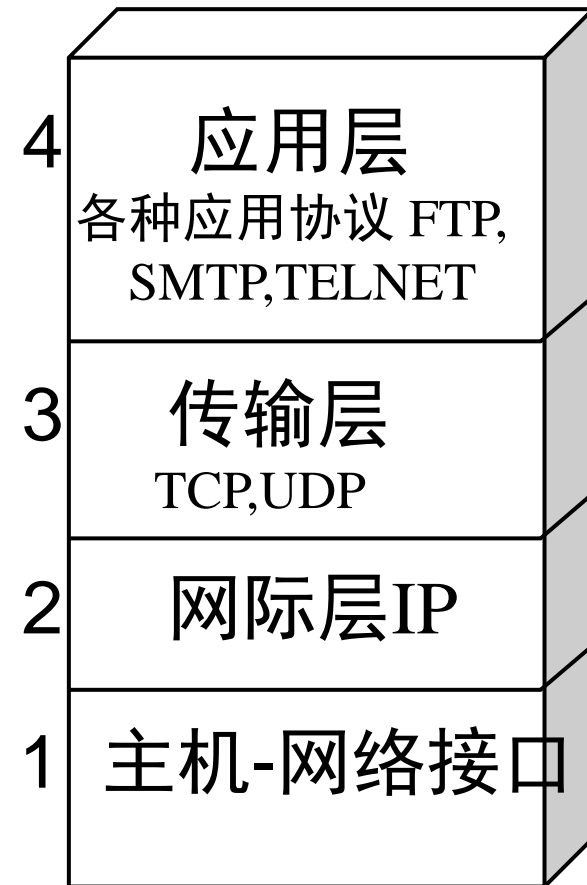
OSI参考模型



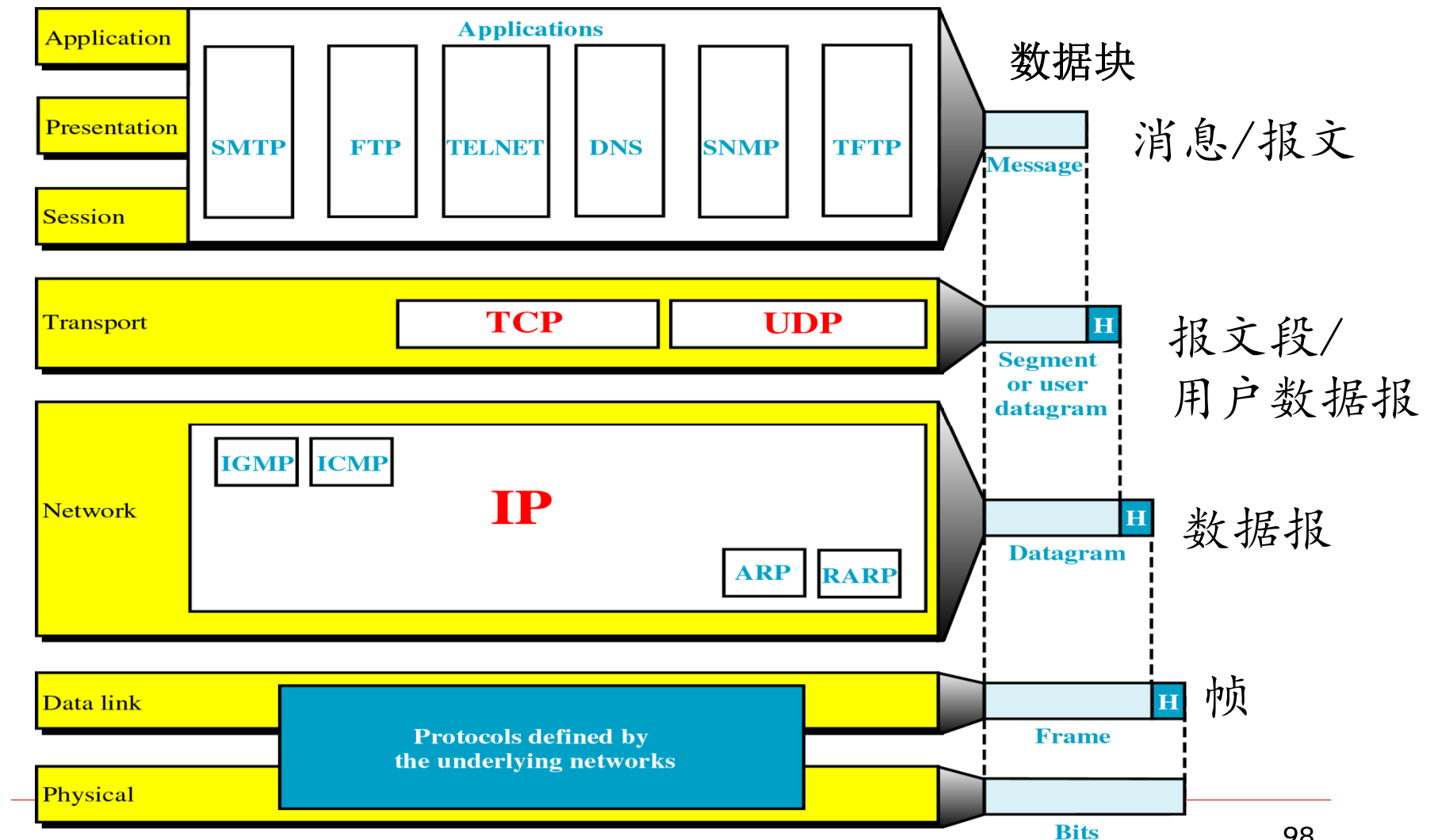
1.5.4 体系结构实例： TCP/IP协议栈

□ 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
- ◆ 非国际标准 TCP/IP 现在获得了最广泛的应用
 - ✓ TCP/IP 常被称为事实上的国际标准



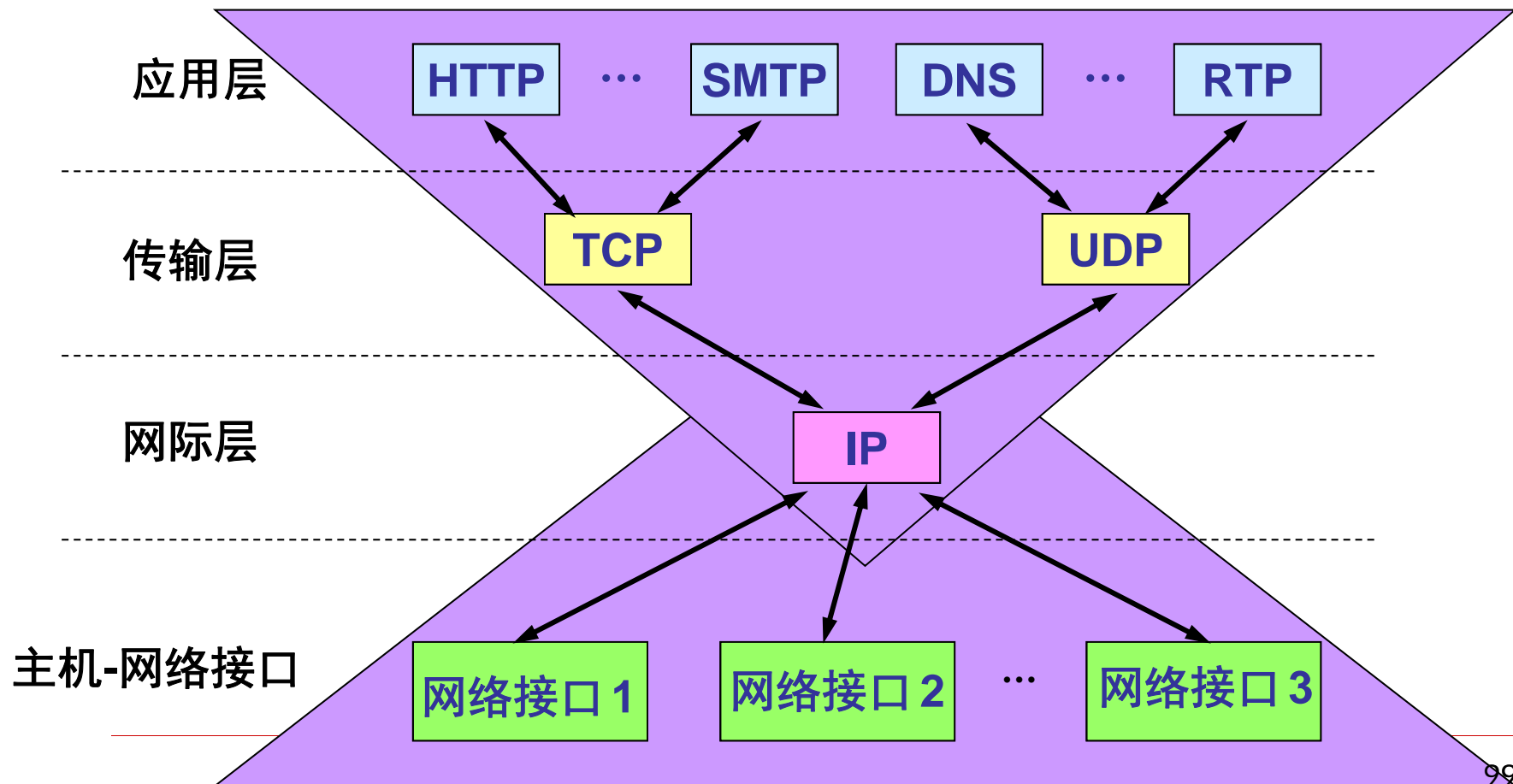
OSI模型 vs. TCP/IP协议栈



IP over Everything

IP可应用到各式各样的网络上

IP可为各式各样的应用程序提供服务

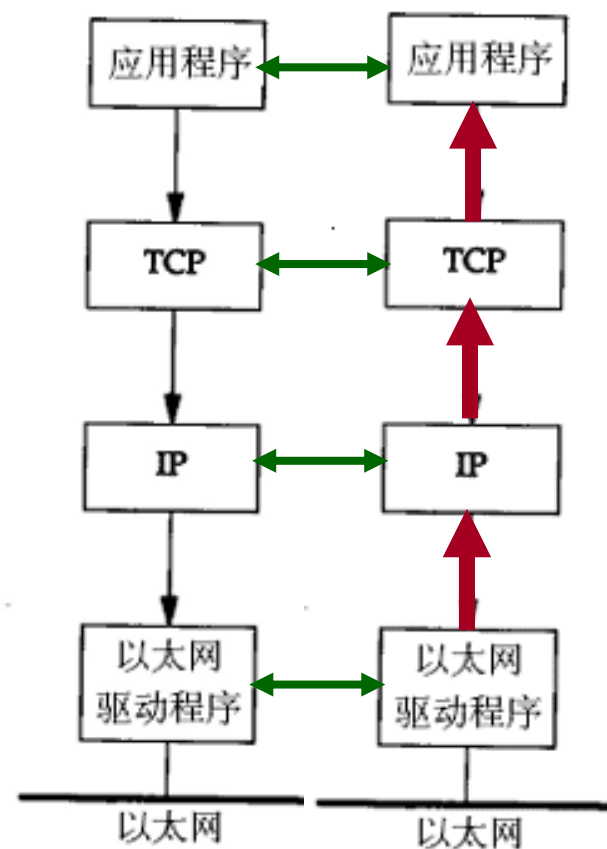
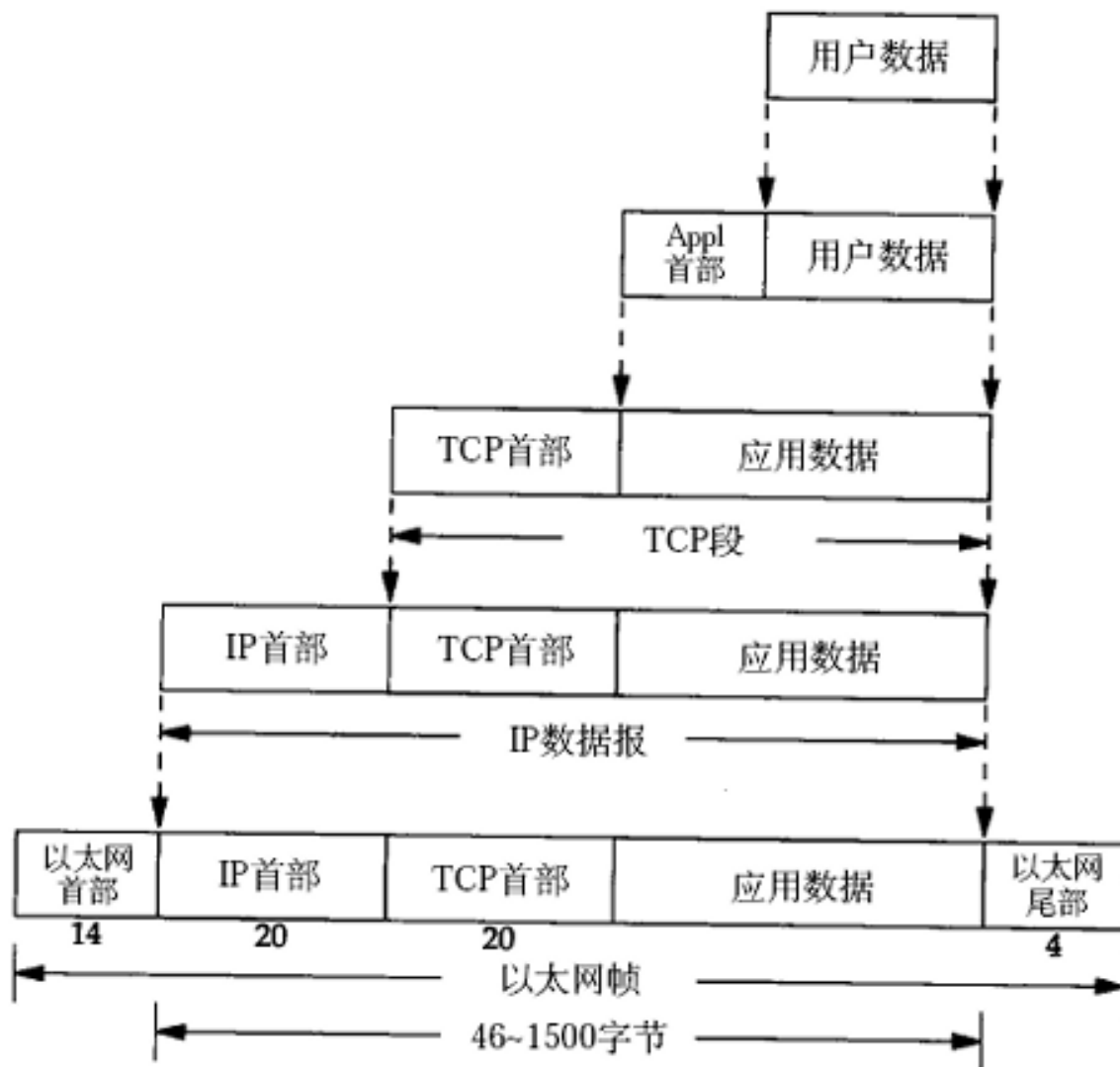


1.5.4 体系结构实例： TCP/IP协议栈

- 根据分层模型设计协议，目标协议软件按层次组织。
- 每台计算机上的协议软件被分成许多模块，每个模块对应一层。
- 分层决定了模块间的相互作用，当协议软件发送或接收数据时，每个模块只同它紧邻的上层模块和下层模块通信。因此，送出的数据向下通过每一层，接收的数据向上通过每一层。

1.5.4 TCP/IP协议栈

发送的数据向下
接收的数据向上



1.5.4 体系结构实例： TCP/IP协议栈

□ 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**（Peer Entity）进行通信的规则的组合。

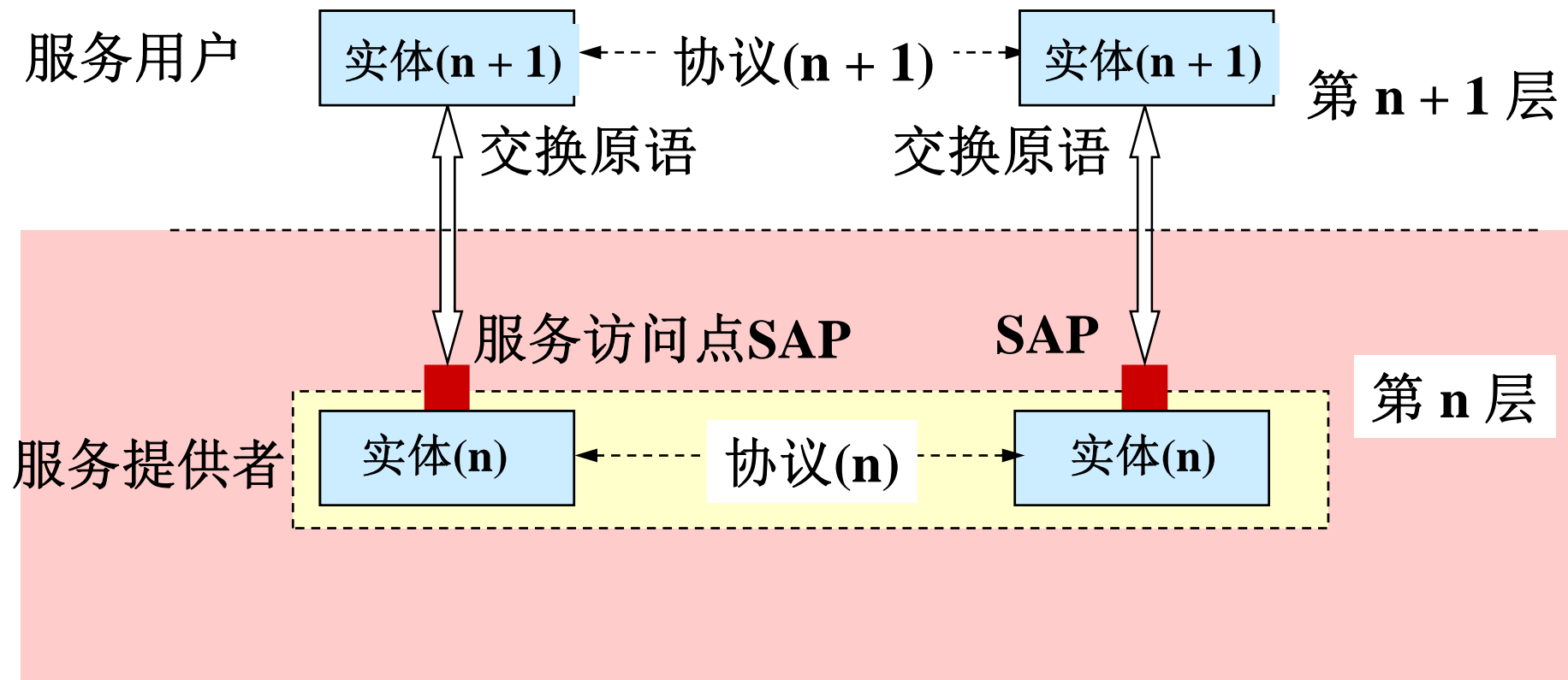
■ 在协议的控制下，两个对等实体间的通信使得本层能够**向上一层提供服务**。

■ 要实现本层协议，还需要使用**下层所提供的服务**。

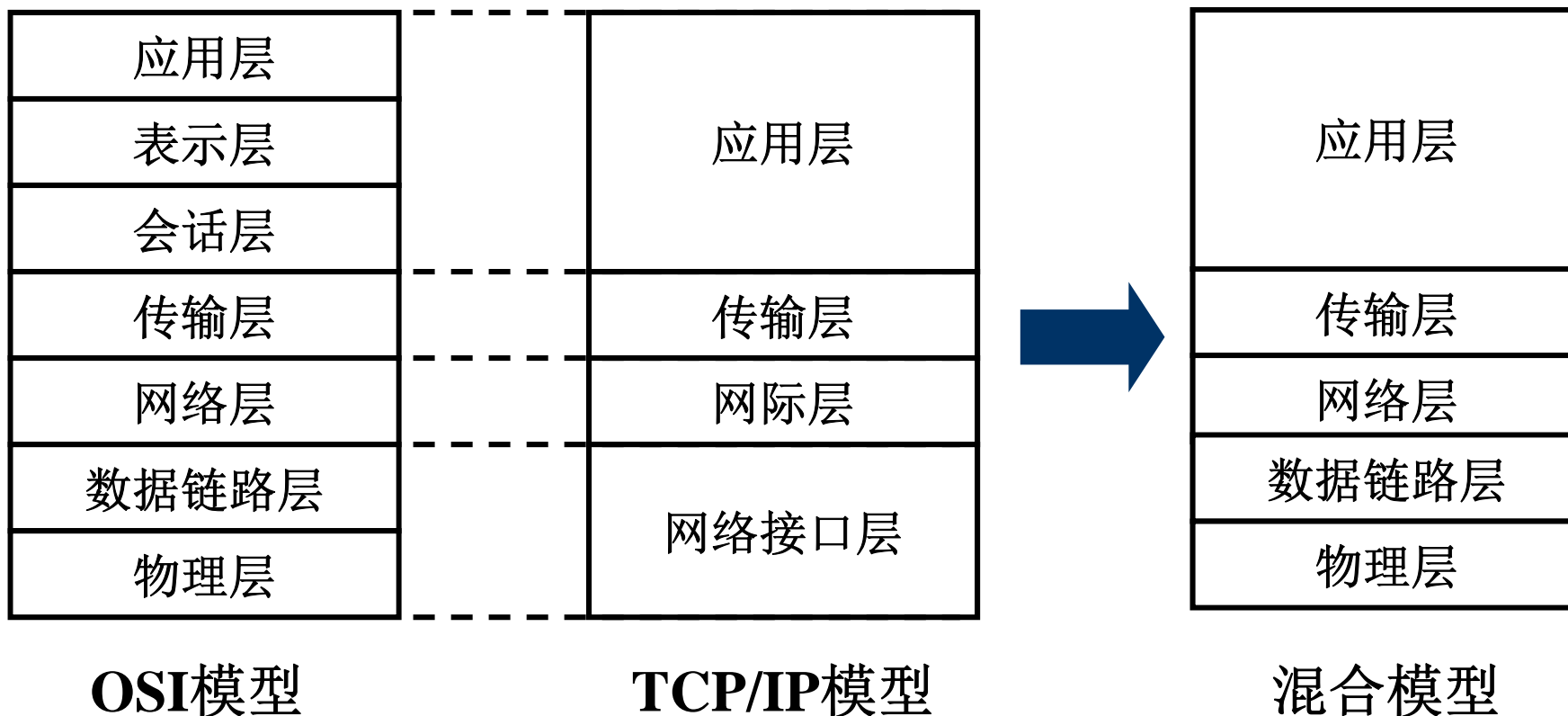
1.5.4 体系结构实例： TCP/IP协议栈

- ❑ 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)。

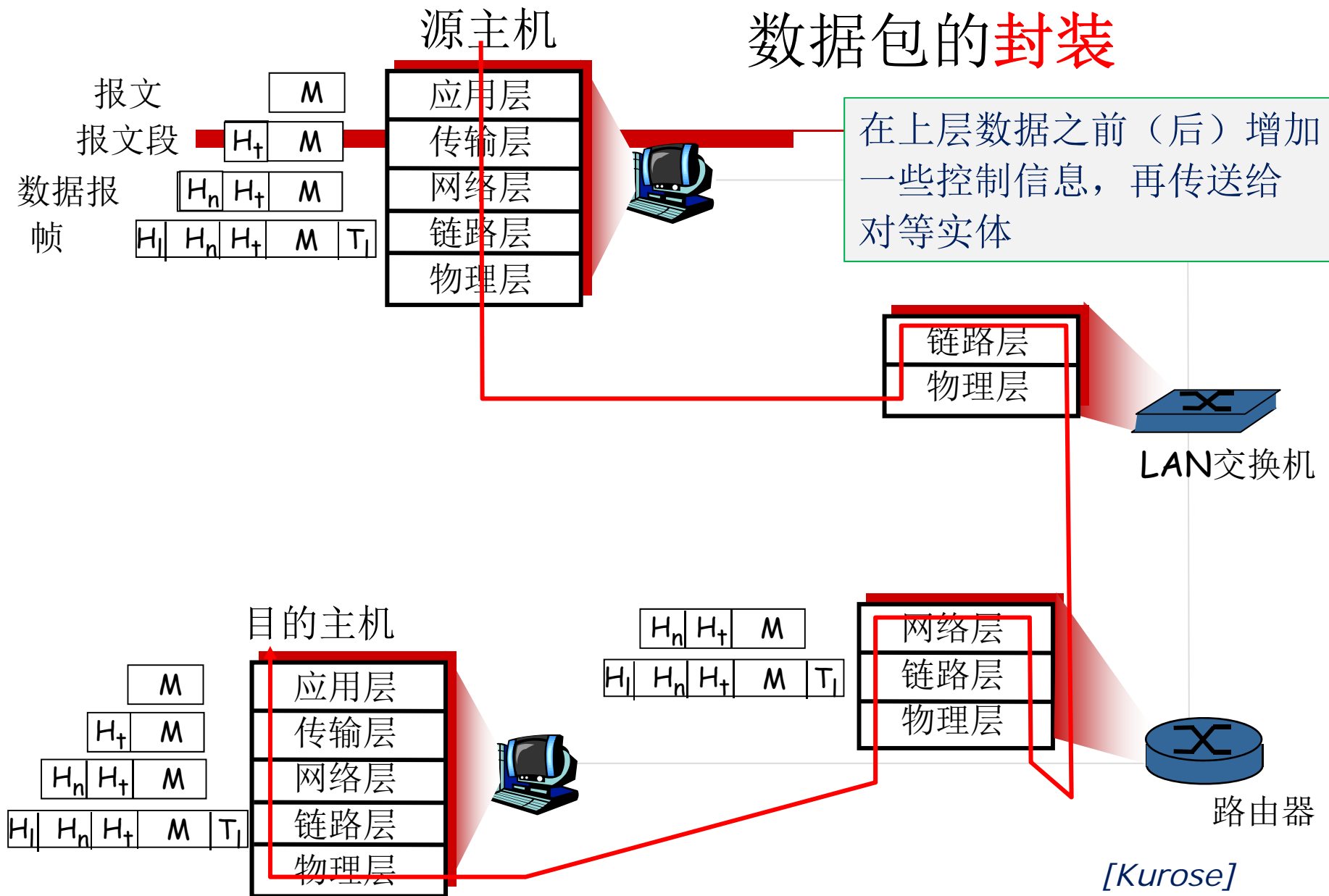
1.5.4 体系结构实例：TCP/IP协议栈



教学中使用的体系结构：混合模型



数据包的封装



§ 1.6 网络安全隐患

- Malware can get in host from a **virus, worm, or trojan horse**. 进入主机的恶意软件有**病毒，蠕虫或木马**
- **Spyware malware** can record keystrokes, web sites visited, upload info to collection site. **间谍恶意软件**可以记录用户的击键、访问的网站，将信息上传到收集站点

§ 1.6 网络安全隐患

- Infected host can be enrolled in a **botnet**, used for spam and DDoS attacks. 受感染的主机被加入一个**僵尸网络**，发送垃圾邮件和**DDoS攻击**
- Malware is often **self-replicating**: from an infected host, seeks entry into other hosts. 恶意软件往往自我复制：从被感染的主机，寻求进入到其他主机

§ 1.6 网络安全隐患

□ Trojan horse (木马)

- 伪装成合法程序或隐藏在合法程序中
- 经常隐藏在网页内 (Active-X, 插件)

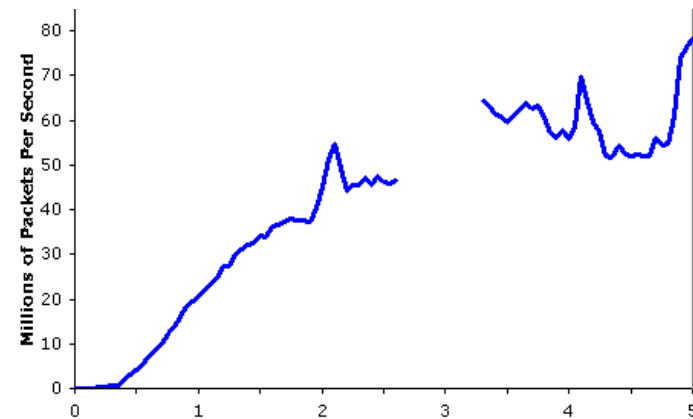
□ Worm (蠕虫)

- 包含在用户收到的对象中, 自动执行
- 能自我复制, 传播到其他主机

□ Virus (病毒)

- 包含在用户收到的对象中, 如邮件附件, 自动执行并感染用户计算机
- 能自我复制

Sapphire Worm: aggregate scans/sec in first 5 minutes of outbreak (CAIDA, UWisc data)

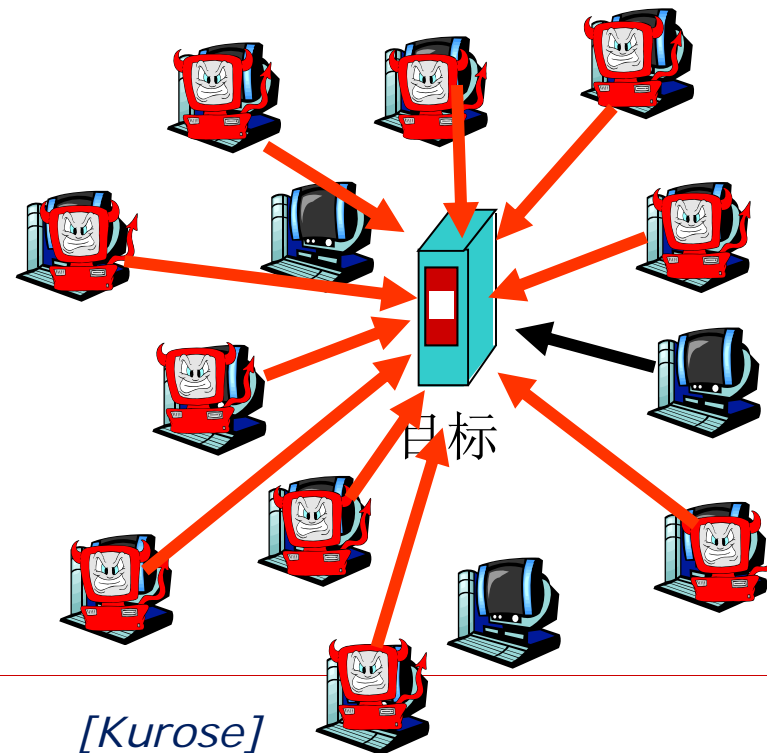


蓝宝石蠕虫：在爆发的前5分钟

§ 1.6 网络安全隐患

❑ **拒绝服务**(Denial of service, **DoS**): 通过大量业务流来占用资源, 如服务器、带宽等, 从而使资源不可用

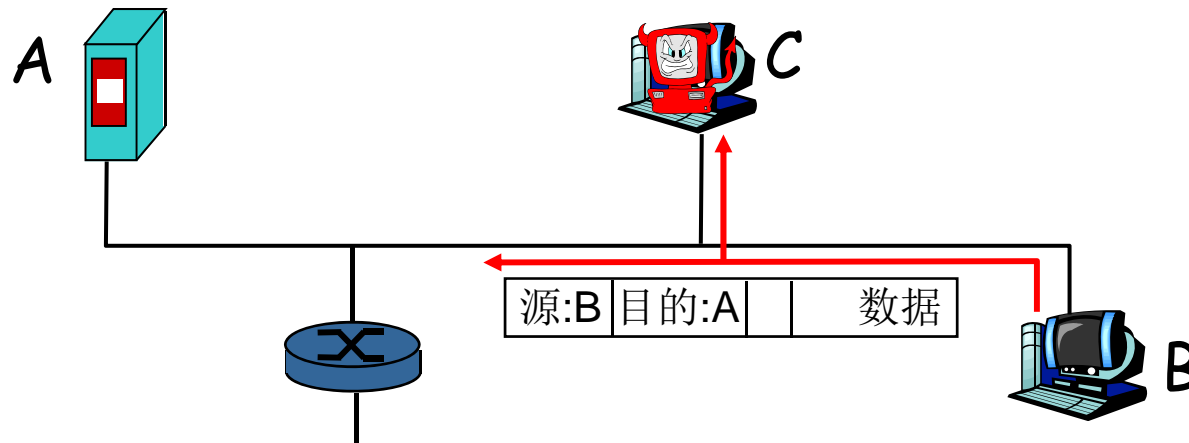
1. 选择攻击目标
2. 使用僵尸网络 (botnet) 控制多台计算机
3. 向目标发送大量数据包



§ 1.6 网络安全隐患

□ 数据包嗅探(Packet sniffing)

- 在广播信道（如共享以太网、无线网络）上
- 监听所有在网络上传输的数据（包括密码）



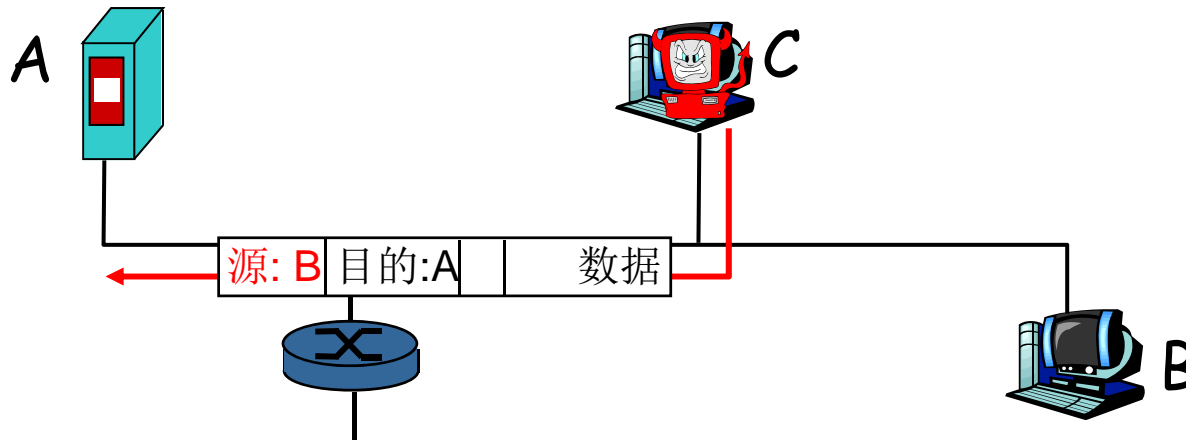
- 例如：wireshark软件

[Kurose]

§ 1.6 网络安全隐患

□ IP欺骗(IP spoofing)

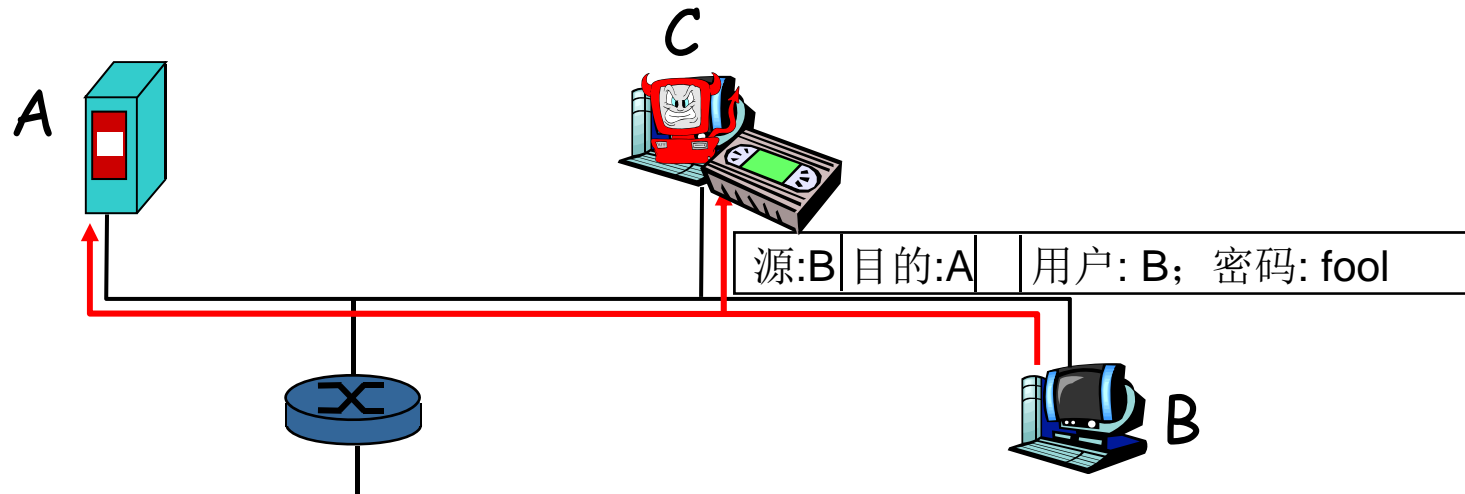
- 以虚假的源地址发送数据包



[Kurose]

§ 1.6 网络安全隐患

- 记录和回放(*record-and-playback*): 嗅探敏感信息（如密码），留待以后使用
- 从系统的角度来看，密码持有人就是那个合法用户

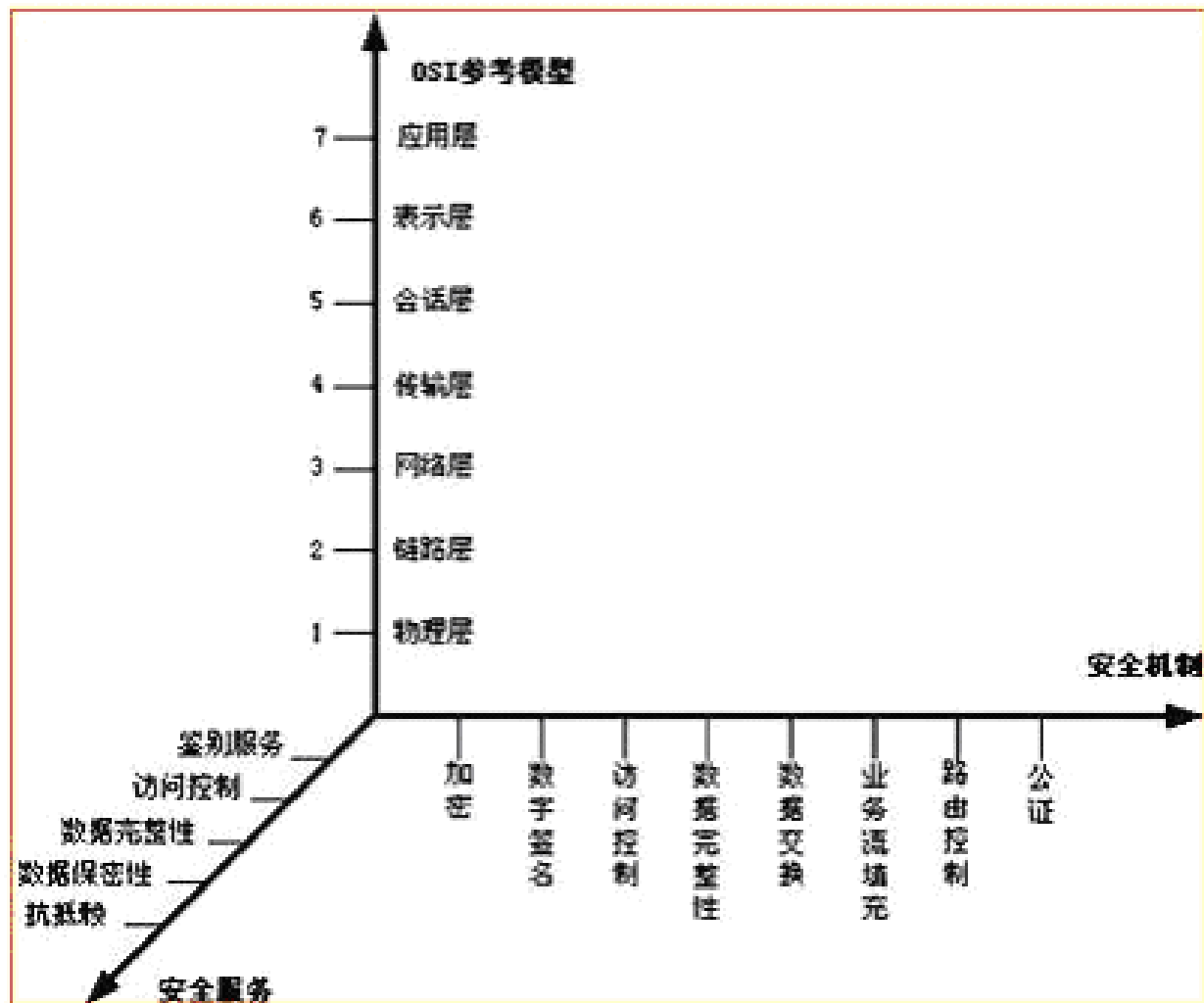


[Kurose]

§ 1.6 网络安全隐患

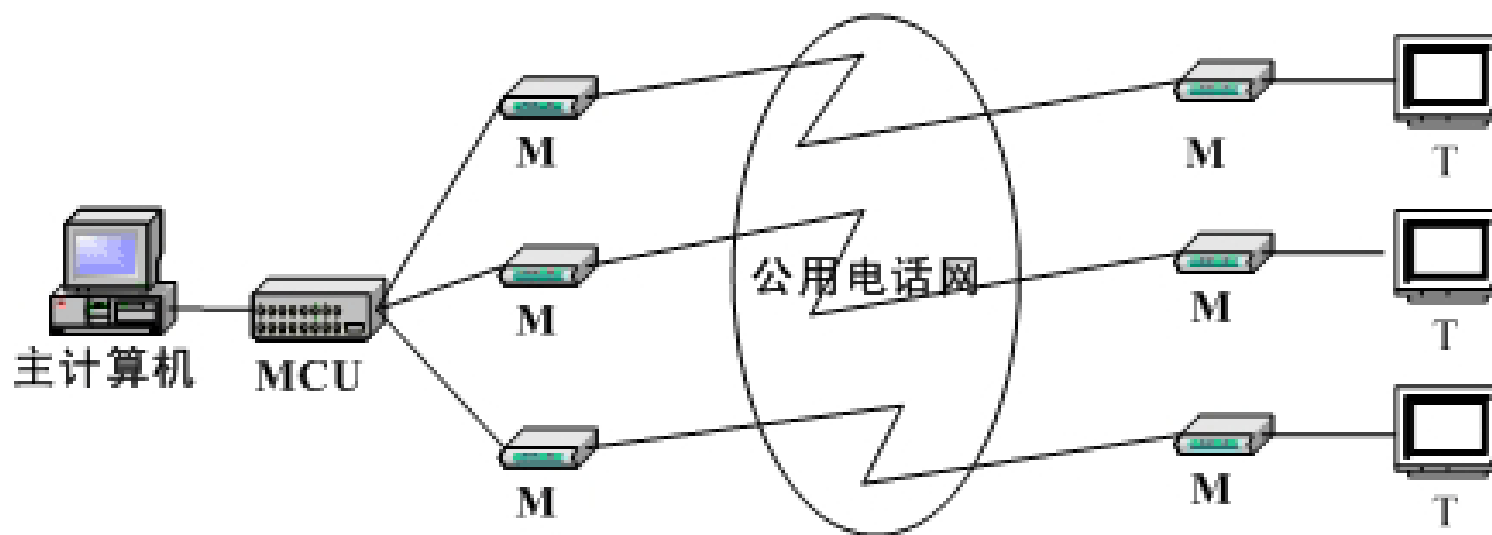
- ISO 7498-2 规定的“开放系统互连安全体系结构”，(GB-T 9387.2-1995 信息处理系统开放系统互连基本参考模型第2部分：安全体系结构)
- 给出了基于OSI参考模型的七层协议之上的信息安全体系结构，它定义了开放系统的五大类安全服务，以及提供这些服务的八大类安全机制及相应的OSI安全管理，并可以根据具体系统适当地配置于OSI模型的七层协议中。

§ 1.6 网络安全隐患



§ 1.7 计算机网络和因特网的历史及进展

60年代：面向终端分布的计算机系统



(a) 采用MCU的远程终端联机系统

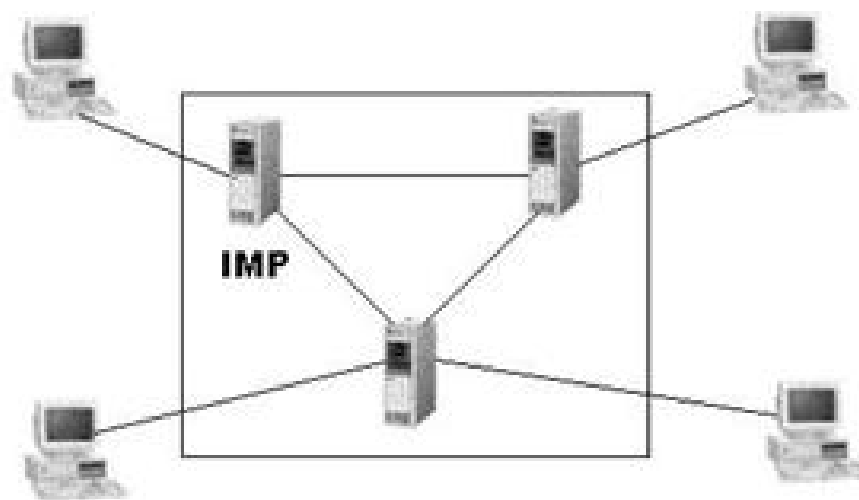
§ 1.7 计算机网络和因特网的历史及进展

- ❑ 60年代中期，当时正处于冷战的最紧张时期，前苏联的任何攻击都会连带损坏美国的整个电话系统，倘若如此，美国将丧失军事通信能力。
- ❑ 电话系统是高度集中式的，即使主要系统的一小部分遭到损坏，所有的长途通信也都会被中断。

§ 1.7 计算机网络和因特网的历史及进展

70年代：分组交换数据网(PSDN)出现

以美国国防部高级研究计划局DARPA的
ARPANET为代表，采用
崭新的“**存储转发--分组
交换**”原理，它标志着计
算机网络的兴起。



IMP：接口报文处理机

§ 1.7 计算机网络和因特网的历史及进展

80年代：LAN和互连网发展、综合业务数字网
ISDN和智能网IN的出现

80年代中，以ISO/OSI七层模型为参照，ISO和国际电报电话咨询委员会CCITT为各个层次制定了一系列协议标准，组成了一个庞大的基本标准集，同时也为OSI的应用和产品的最终实现制定功能标准或轮廓标准ISP
(International Standardized profile)。

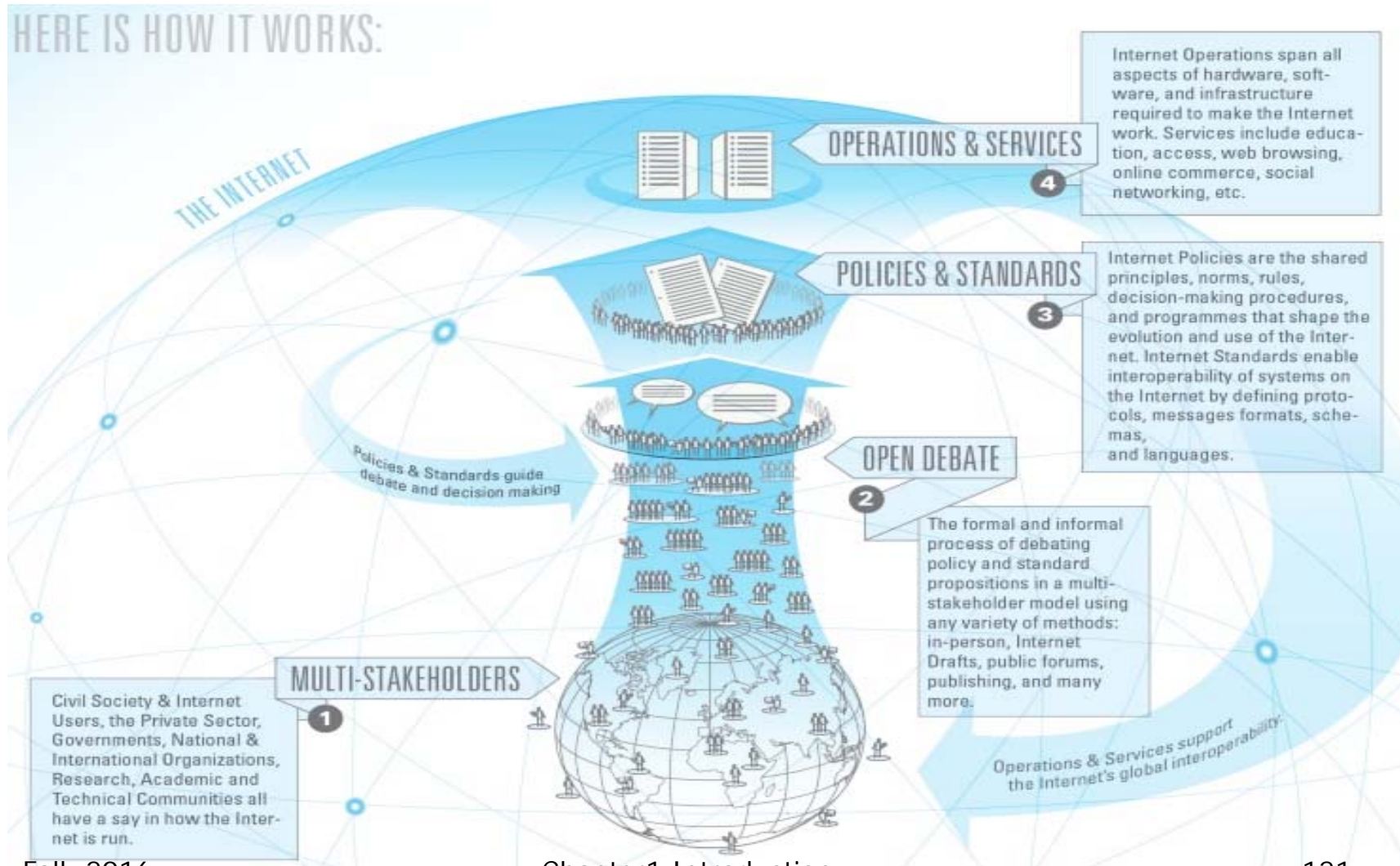
§ 1.7 计算机网络和因特网的历史及进展

90年代：现代网络技术

- 高速以太网（百兆、千兆网），
- 三层交换技术、
- ATM技术
- VLAN.....

谁管理因特网？

<http://xplanations.com/whorunstheinternet/>



本章内容总结

1.1 计算机网络和因特网的概念及其应用：

计算机网络、互联网、Internet(因特网)、
WWW (万维网)、计算机网络的组成

1.2 网络边缘：局域网、网络接入方式

1.3 网络核心：广域网、电路交换和分组交换、ISP和骨干网

1.4 衡量网络性能的指标：带宽、时延、吞吐量

1.5 协议和层次体系结构：协议、分层的体系结构、 OSI参考模型、TCP/IP协议栈

1.6 计算机网络的安全隐患

1.7 计算机网络和因特网的历史及进展

版权说明

- 本讲义中部分图片来源于下列教材所附讲义：
 - James F. Kurose, Keith W. Ross著，陈鸣译，计算机网络：自顶向下方法，机械工业出版社，2009，引用时标记为 *[Kurose]*;
 - Andrew S. Tanenbaum, Computer Networks, Fourth Edition, 清华大学出版社（影印版），2004，引用时标记为 *[Tanenbaum]*;
 - 谢希仁，计算机网络，第五版，电子工业出版社，2008年1月，引用时标记为 *[谢]*;
 - Behrouz A. Forouzan, Data Communications and Networking, Fourth Edition, McGraw-Hill Higher Education, 2007年1月，引用时标记为 *[Forouzan]*

本章作业

□ Q1: 1-3, 补充: 从传输原理、每次传输的数据量限制、传输路径、资源分配方式、QoS、收费方法等多个方面比较电路交换和分组交换。

□ Q2-6:

1-11, 1-13, 1-16, 1-20, 1-21

本章实验：Windows 网卡配置实验

□ 实践思考题

- 1) 自动获取IP地址是如何实现的？除了IP地址之外，还可以配置哪些参数？
- 2) ping 命令有哪些选项？命令输出的结果中，各个参数有什么含义？

□ 拓展思考题

- 选择一个新兴网络应用，查阅资料，了解该应用的功能和性能指标、需要的技术支持。