

第 1 章 计算机网络概述

什么是网络
什么是计算机网络

计算机网络概述

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

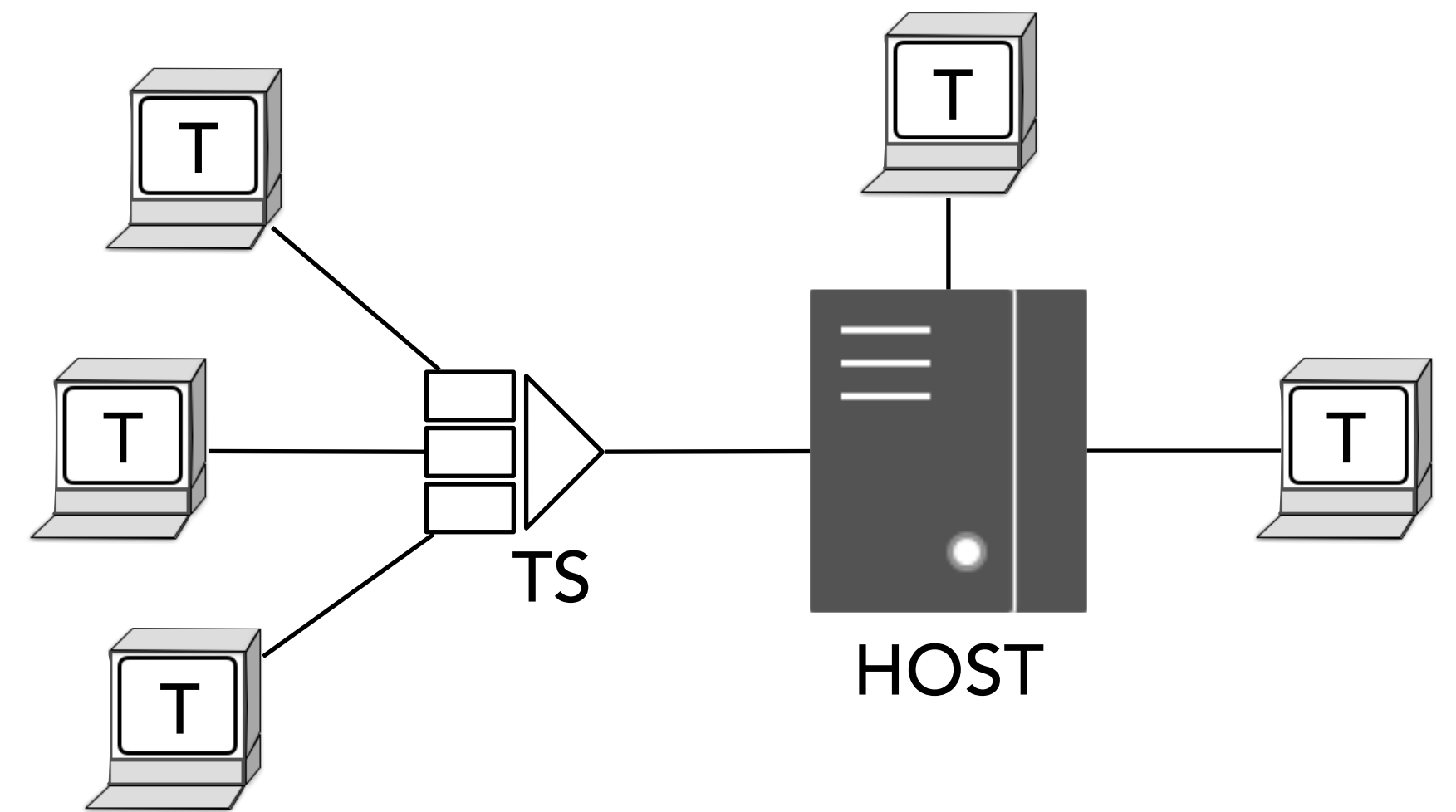
- 交通网络：高速公路网络、铁路运输网络、航运网络等。
- 通信网络：电信网络、邮政网络等。



- 网络特点：
 - 共同特点：连线和结点；
 - 网络作用：连通和共享。

主机—终端网络

- 以主机为中心（或“主机-终端”）的网络：
 - 随计算机技术的发展而产生。早期的计算机均为大型机、中型机或小型机；
 - 用户通过终端连接到大型机上（主机），通过批处理方式，共享大型机上的软硬件资源。



特征：以单处理机为中心的联机网络；集中式控制。

缺点：主机负荷重；可靠性差。

终端的概念

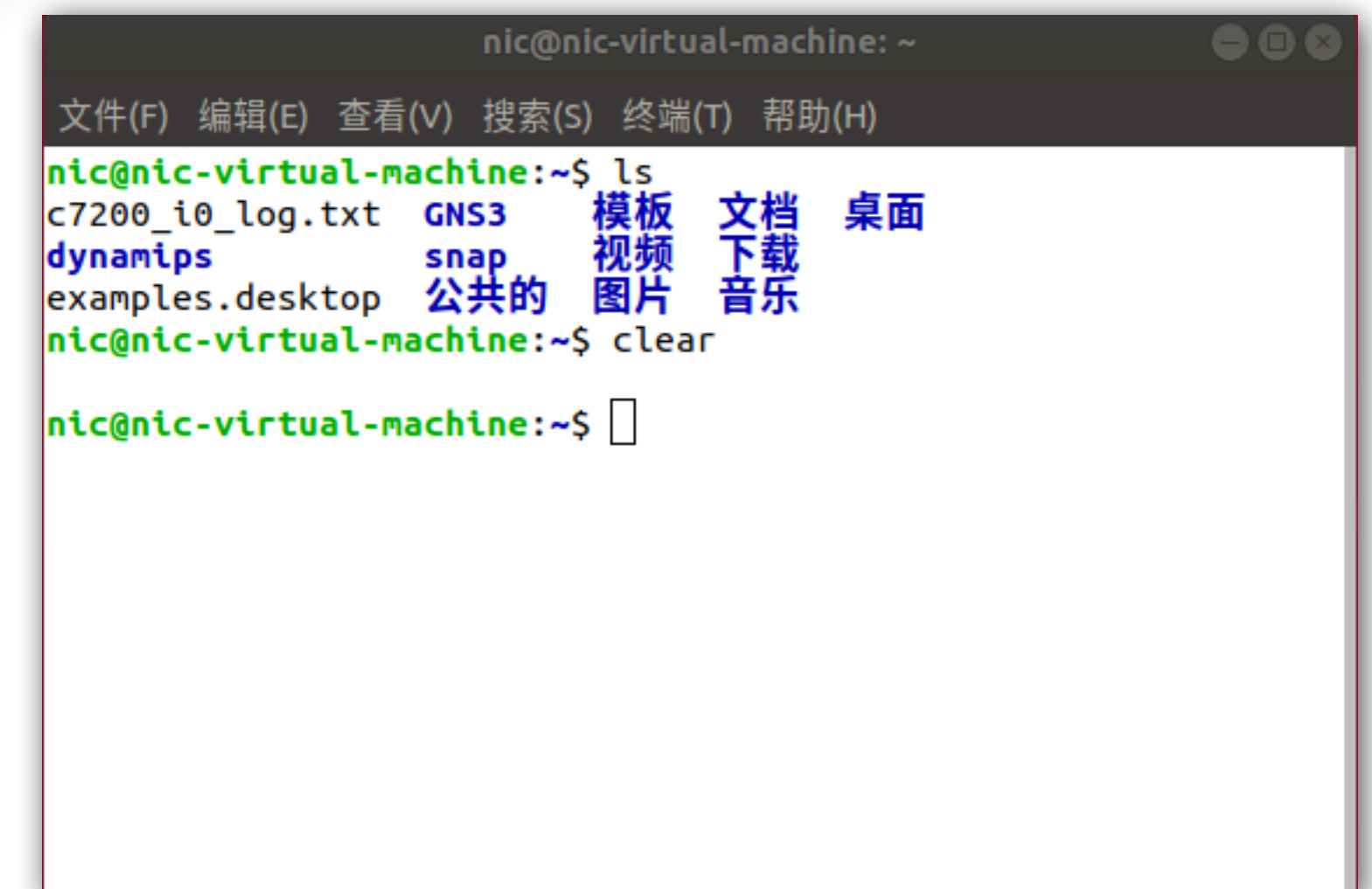
- **终端**：是主机的一个远程的输入/输出设备（不是一个**自治系统**）。
- 在早期**计算机主机昂贵**，一个主机（例如：IBM大型计算机）一般会**配置多个终端**（Terminal）。
- 这些终端本身**不具备计算能力**，仅仅承担信息**输入输出**的工作，运算和处理均由主机来完成。
- 个人计算机可以运行称为**终端仿真程序**来模仿一个终端的工作。

telnet towel.blinkenlights.nl

Linux终端模拟程序



Windows终端模拟程序

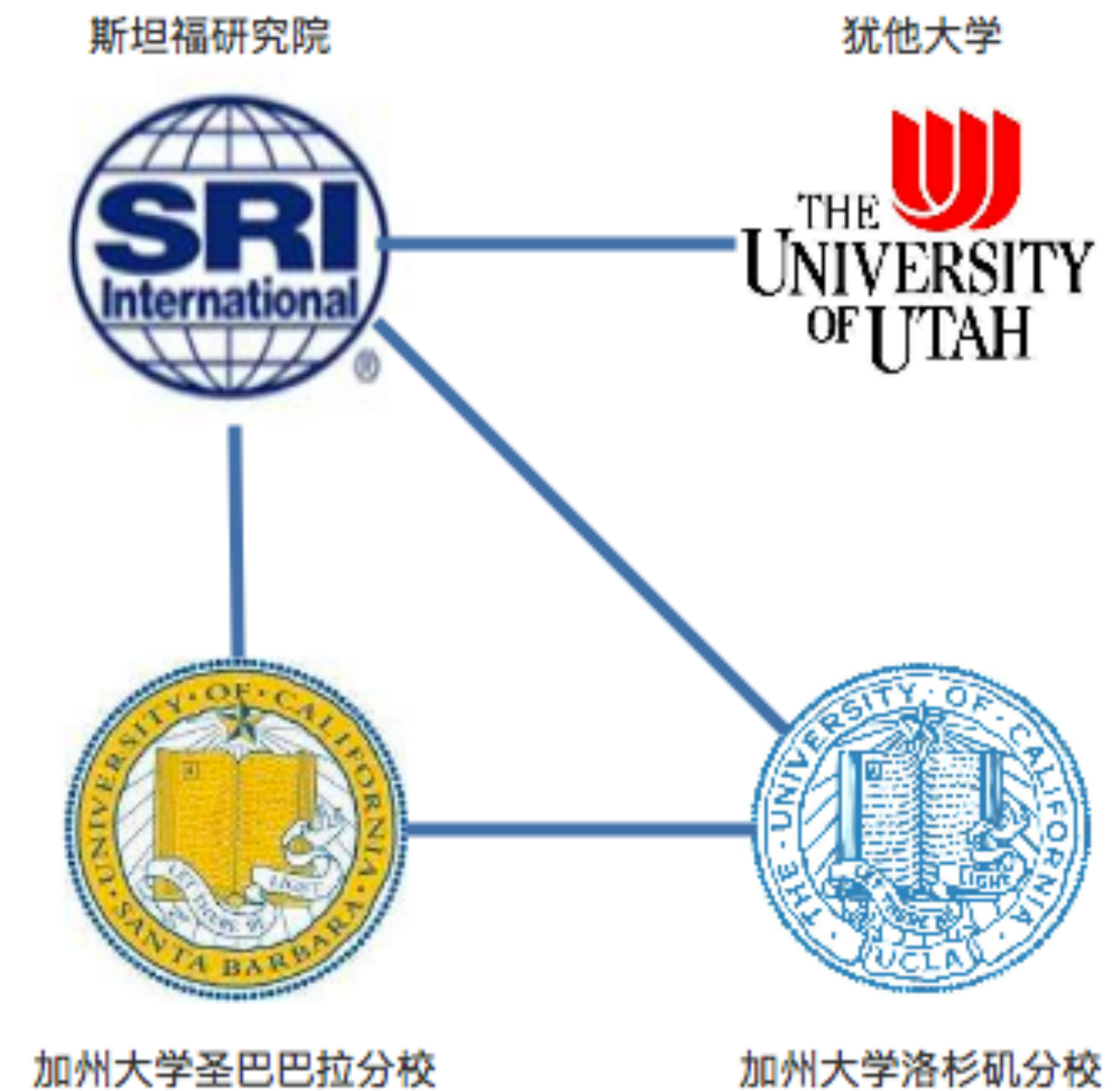


主机—主机的网络：先有广域网后有局域网

- 多个以主机为中心的网络**需要互连**（17个防区），64kb/s。
- 网络从“主机-终端”转为“**主机-主机**”。主机负责数据处理和通信工作。
- 解决方案：ARPAnet，4个结点，1969年。
- ARPA：美国国防部高级研究计划局。

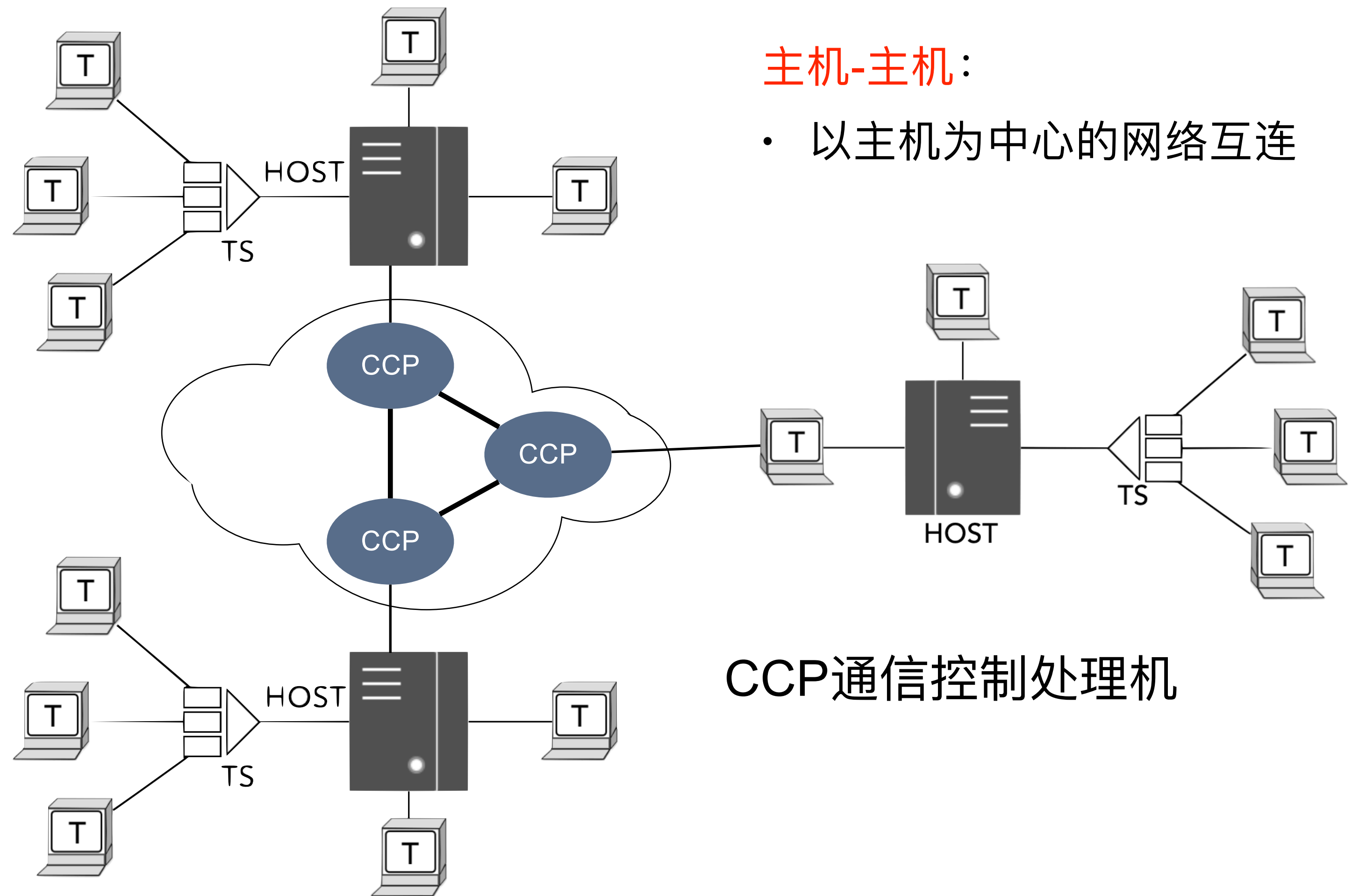
4个结点的ARPAnet

- 美国国防部认为，如果仅有一个**集中的军事指挥中心**，万一这个中心被核武器**摧毁**，全国的军事指挥将处于瘫痪状态，其后果将不堪设想。
- 因此有必要设计这样一个**分散的指挥系统**：它由一个个分散的指挥点组成，当部分指挥点被摧毁后其它点仍能正常工作，而这些分散的点又能通过某种形式的通讯网取得联系。



主机—主机的网络

- 计算机网络概述
 - 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet



计算机局域网

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网
 - Internet

- 局域网产生的原因：
 - 第一个处理器：1971年Intel公司发布的4位微处理器Intel 4004；
 - 第一台微型计算机：1971年诞生的；
 - 1981，IBM公司推出微型计算机IBM-PC；
 - 80年代以后，微型计算机的迅速发展，彼此需要相互通信（近距离），共享资源。



苹果：1976



长城0520：1984



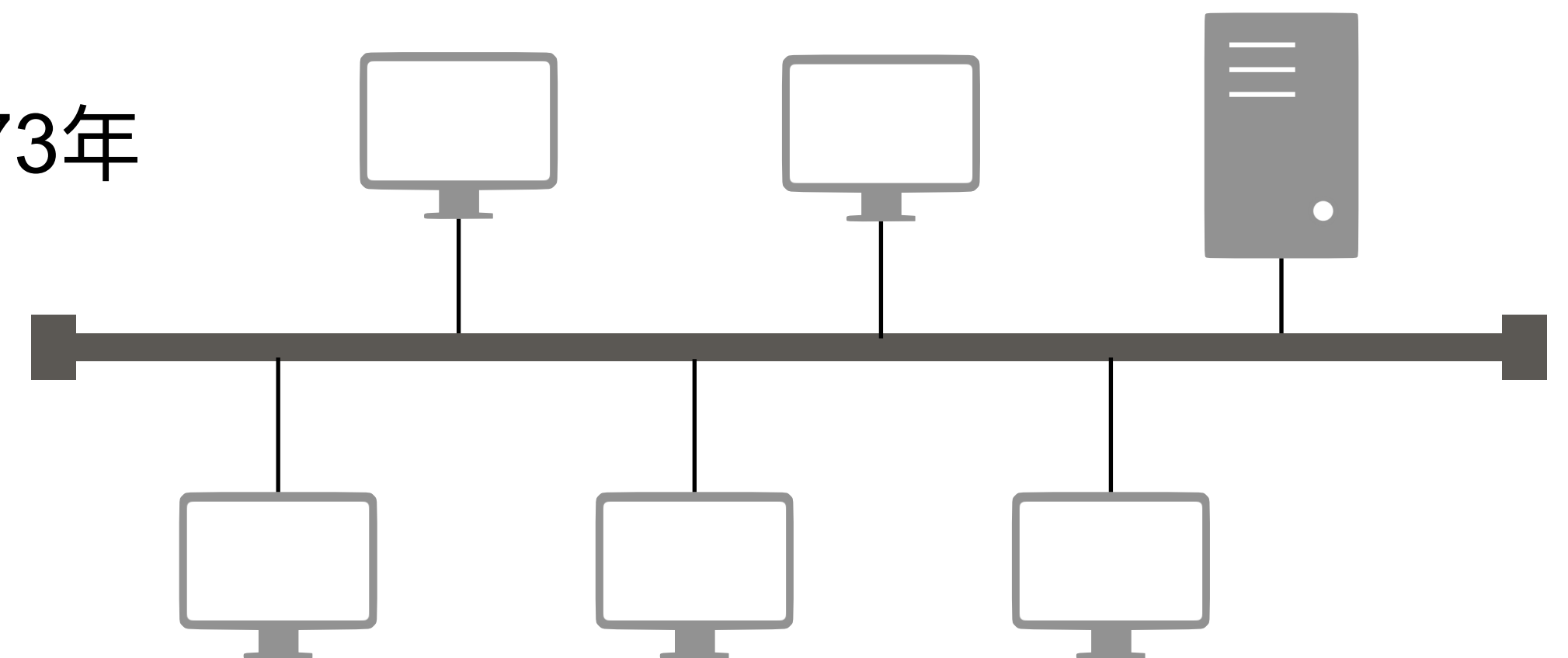
IBM-PC：1981

计算机局域网络： 局域网络的多样性

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

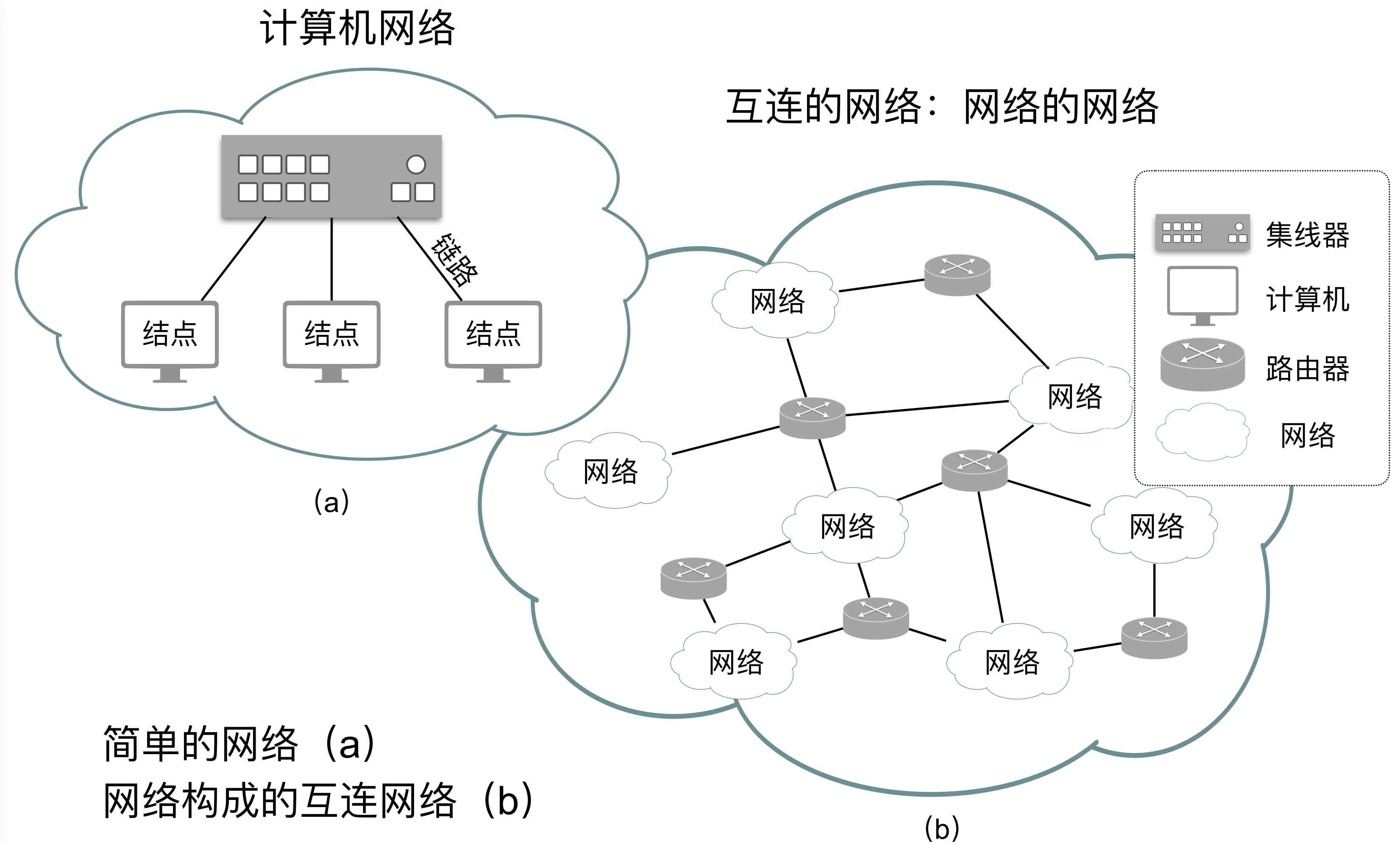
- 局域网（Local Area Network, LAN）是指在某一区域内由多台计算机互联成的计算机组。
- Internet：70年代，ARPA设立了新的研究项目，解决不同的计算机局域网互联的问题，采用TCP/IP协议，研究人员称之为“Internet”，即“因特网”。

总线型以太网：1973年



网络的网络

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网
 - Internet



互联网络发展史第一阶段：ARPAnet变为Internet

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

- 1974年，网际互联协议IP和传输控制协议TCP问世：
 - IP是基本的通信协议；
 - TCP是帮助IP实现可靠传输的协议。
- 1983年，ARPA从NCP协议换成TCP/IP协议。ARPAnet由两部分组成：
 - 一部分军用，称为MILNET；
 - 另一部分仍称ARPAnet，供民用。
- 1988年，美国国家科学基金组织（NSF）的NSFnet，替代了ARPAnet成为Internet的主干网。

互联网络发展史第一阶段：ARPAnet变为Internet

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

- 1990年，ARPAnet解散，Internet从军用转向民用。
- 1992年，IBM、MCI、MERIT三家公司组建了高级网络服务公司（ANS），建立了ANSnet，从此，Internet开始商业化运作。
- 1995年4月30日，NSFnet正式宣布停止运作。而此时Internet的骨干网已经覆盖了全球91个国家，主机已超过400万台。

互联网的两个重要特点

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

- **连通性** (connectivity):
 - 使上网用户之间都可以交换信息（数据，以及各种音频视频），好像这些用户的计算机都可以彼此直接连通一样；
 - 注意，互联网具有虚拟的特点，无法准确知道对方是谁，也无法知道对方的位置。

- **共享** (Sharing):
 - 指资源共享；
 - 资源共享的含义是多方面的。可以是信息共享、软件共享，也可以是硬件共享；
 - 由于网络的存在，这些资源好像就在用户身边一样，方便使用。

互“连”网与互“联”网：RFC1208

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

- **互连网 (internet)**：由路由器将网络连接起来，组成一个功能单一的大规模的“虚拟网络”。
- **互联网 (Internet)**：指当今世界最大的互“连”网络，由大规模的国家骨干网络、无数的区域网络和校园网络组成，采用IP协议栈。
- 通俗地说，互联网是采用IP协议将全球异构的网络互连起来而形成的一个网络，实现异构网络间的互联互通。
- **异构的网络**：指采用不同协议的广域网和局域网。

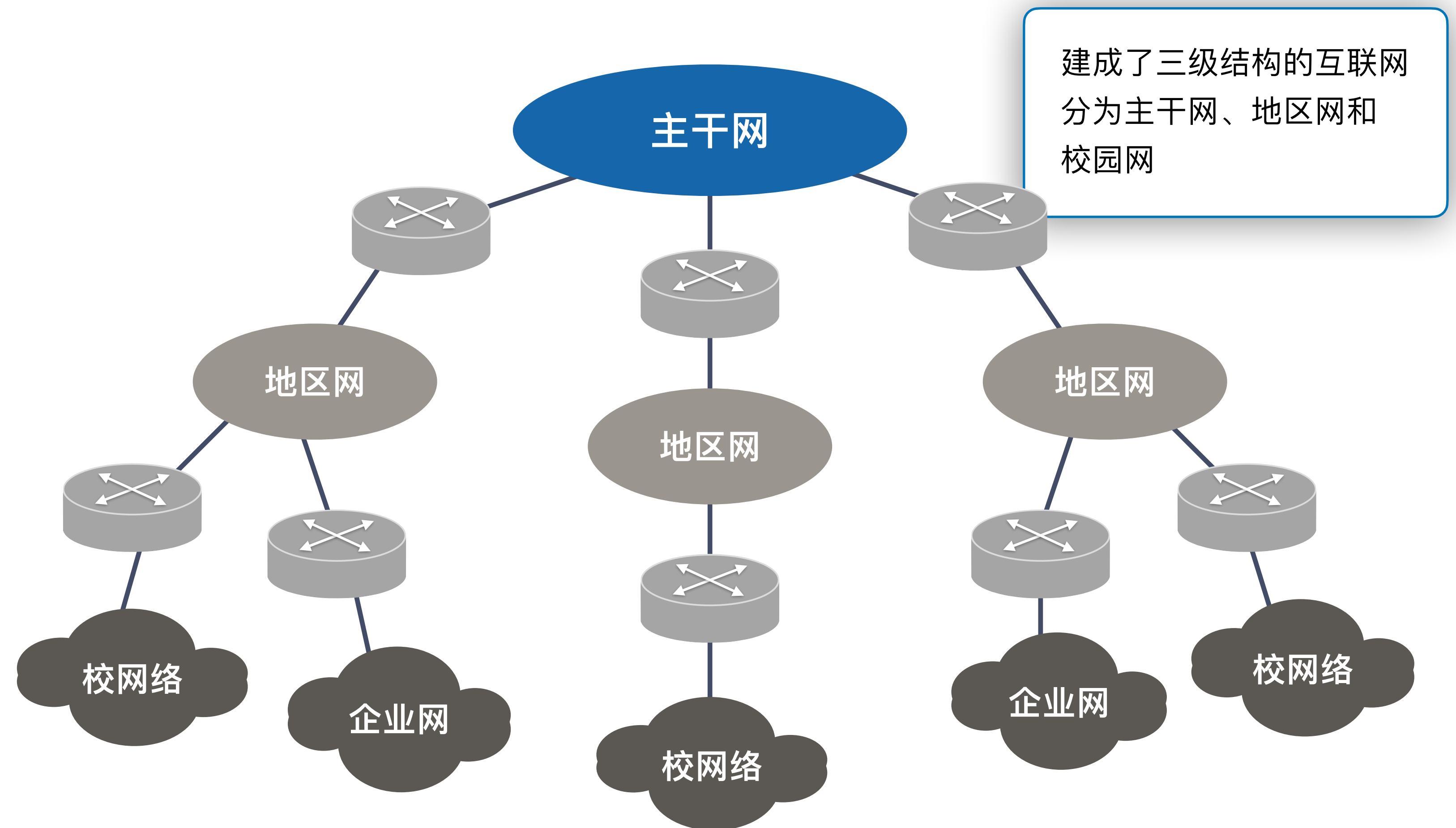
互连网络与互联网络的区别

- 计算机网络概述
 - 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

互联网（Internet）	互连网（internet）
相似之处	
网络的网络	网络的网络
不同之处	
特指遵循TCP/IP标准、用路由器将各种计算机网络互连起来而形成的、一个覆盖全球的、特定的互连网	泛指由多个不同类型计算机网络互连而成的网络
使用TCP/IP	除TCP/IP外，还可以使用其他协议
是一个专用名词	是一个通用名词

互联网络发展史第二阶段：三级结构

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
- Internet



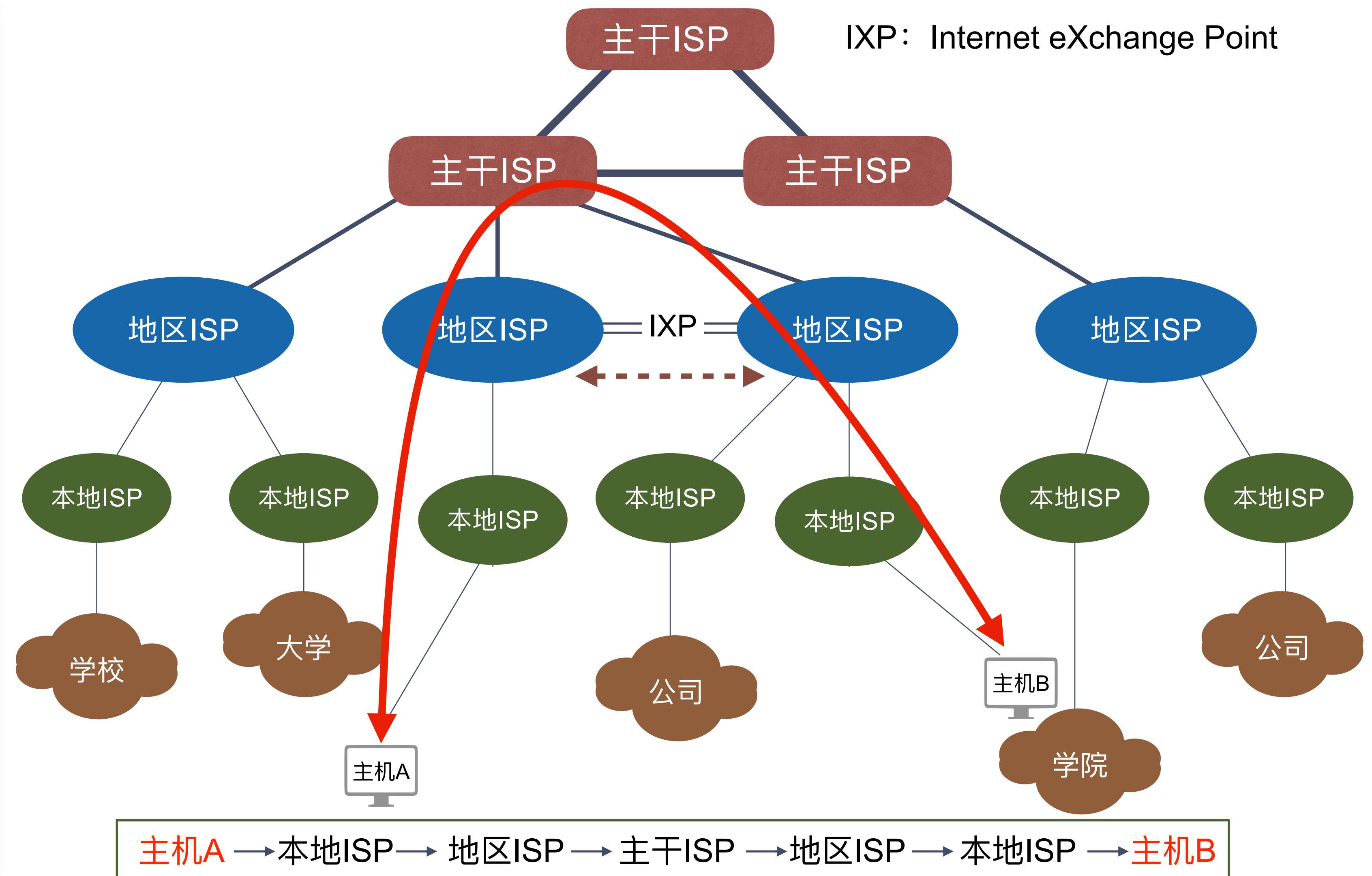
互联网络发展史第三阶段：多层次ISP结构

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

- 逐渐形成了多层次 ISP 结构的互联网：
 - 出现了互联网服务提供者ISP (Internet Service Provider);
 - 任何机构和个人只要向某个 ISP 交纳规定的费用，就可从该 ISP 获取所需 IP 地址的使用权，并可通过该 ISP 接入到互联网。
 - 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 也分成为不同层次的 ISP：
 - 主干 ISP、地区 ISP 、本地 ISP。

互联网络发展史第三阶段：IXP

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet



互联网交换中心Internet eXchange Point (IXP)

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

- 不同电信运营商之间为连通各自网络而建立的**集中交换平台**，互联网交换中心在国外简称IX或IXP：
 - 互联网接入产业越**发达的区域**，IXP的作用越重要，产业越发达。
 - 国内有政府主导建立的**北上广互联网交换中心**，但因各种运行不够理想，国内知名的第三方IX有位于上海的We IX（驰联网络）、位于北京的CNISP等，以及在北京、上海、广州、天津、杭州均有接入点的CHN-IX。

国内外IXP分布

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet



欧洲有200多个，中国的香港也超过10个，但是中国内地仅有6个。

资料来源：http://www.sohu.com/a/210712865_644547。

互联网络发展史：“里程碑WWW”世界第一个网站

http://info.cern.ch – home of the first website

From here you can:

- [Browse the first website](#)
- [Browse the first website using the line-mode browser simulator](#)
- [Learn about the birth of the web](#)
- [Learn about CERN, the physics laboratory where the web was born](#)



- 1989年仲夏之夜，蒂姆成功开发出世界上第一个Web服务器和第一个Web客户机。
- 1989年12月，蒂姆为他的发明正式定名为World Wide Web。
- 1991年5月WWW在 Internet上首次露面。

- 为了使欧洲各国的核物理学家能通过计算机网络及时沟通传递信息进行合作研究，委托他开发一个软件，以便使分布在各国各地物理实验室、研究所的最新信息、数据、图像资料可供大家共享。

http://info.cern.ch, 由万维网之父蒂姆.伯纳斯.李在1991年8月6日正式开通。

互联网络发展史：里程碑WWW

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

- 互联网的迅猛发展始于 20 世纪 90 年代。万维网 WWW (World Wide Web) 被广泛使用在互联网上，大大方便了广大非网络专业人员对网络的使用，成为互联网的这种指数级增长的主要驱动力。
- 1989年，英国计算机科学家Tim Berners-Lee 提出对WWW的设计方案，将浏览器和服务进行连接。1989年是Internet历史上划时代的分水岭。
- 1993年，世界第一款流行浏览器 Mosaic问世，1994年，Marc发布Netscape Navigator。
- 1995年，微软发布Internet Explorer 1。
- 1996年，Netscape和Microsoft之间爆发WWW浏览器之间的战争。

互联网络发展史：里程碑WWW

- 计算机网络概述
 - 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

```
The World Wide Web project

                                WORLD WIDE WEB

The WorldWideWeb (W3) is a wide-area hypermedia[1] information retrieval
initiative aiming to give universal access to a large universe of documents.

Everything there is online about W3 is linked directly or indirectly to this
document, including an executive summary[2] of the project, Mailing lists[3] ,
Policy[4] , November's W3 news[5] , Frequently Asked Questions[6] .

What's out there?[7]Pointers to the world's online information,
                                subjects[8] , W3 servers[9], etc.

Help[10]                                on the browser you are using

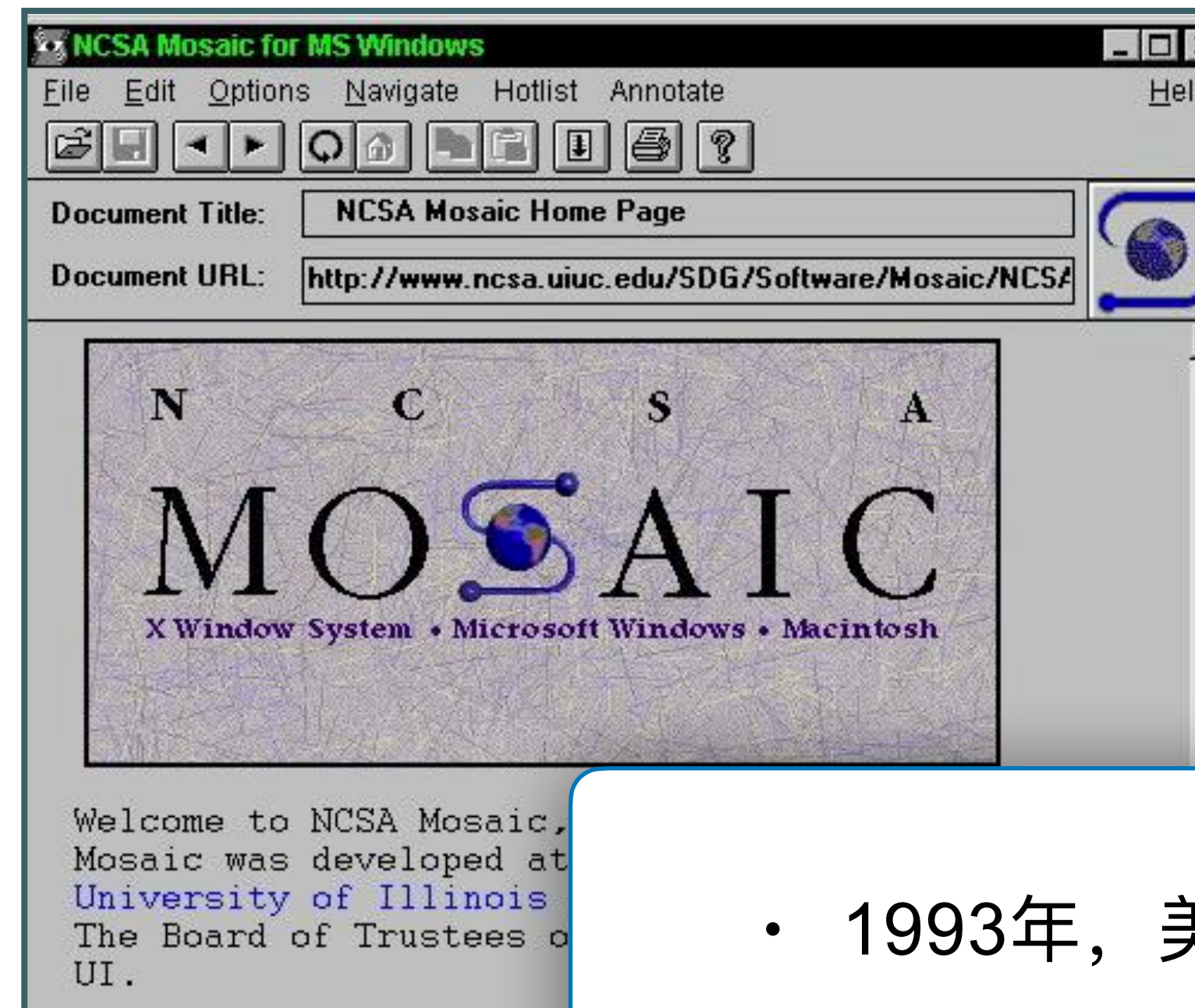
Software                                A list of W3 project components and their current
Products[11]                            state. (e.g. Line Mode[12] ,X11 Viola[13] ,
                                NeXTStep[14] , Servers[15] , Tools[16] , Mail
                                robot[17] , Library[18] )

Technical[19]                            Details of protocols, formats, program internals
                                etc

<ref.number>, Back, <RETURN> for more, or Help: █
```

互联网络发展史：浏览器之争—MOSAIC浏览器

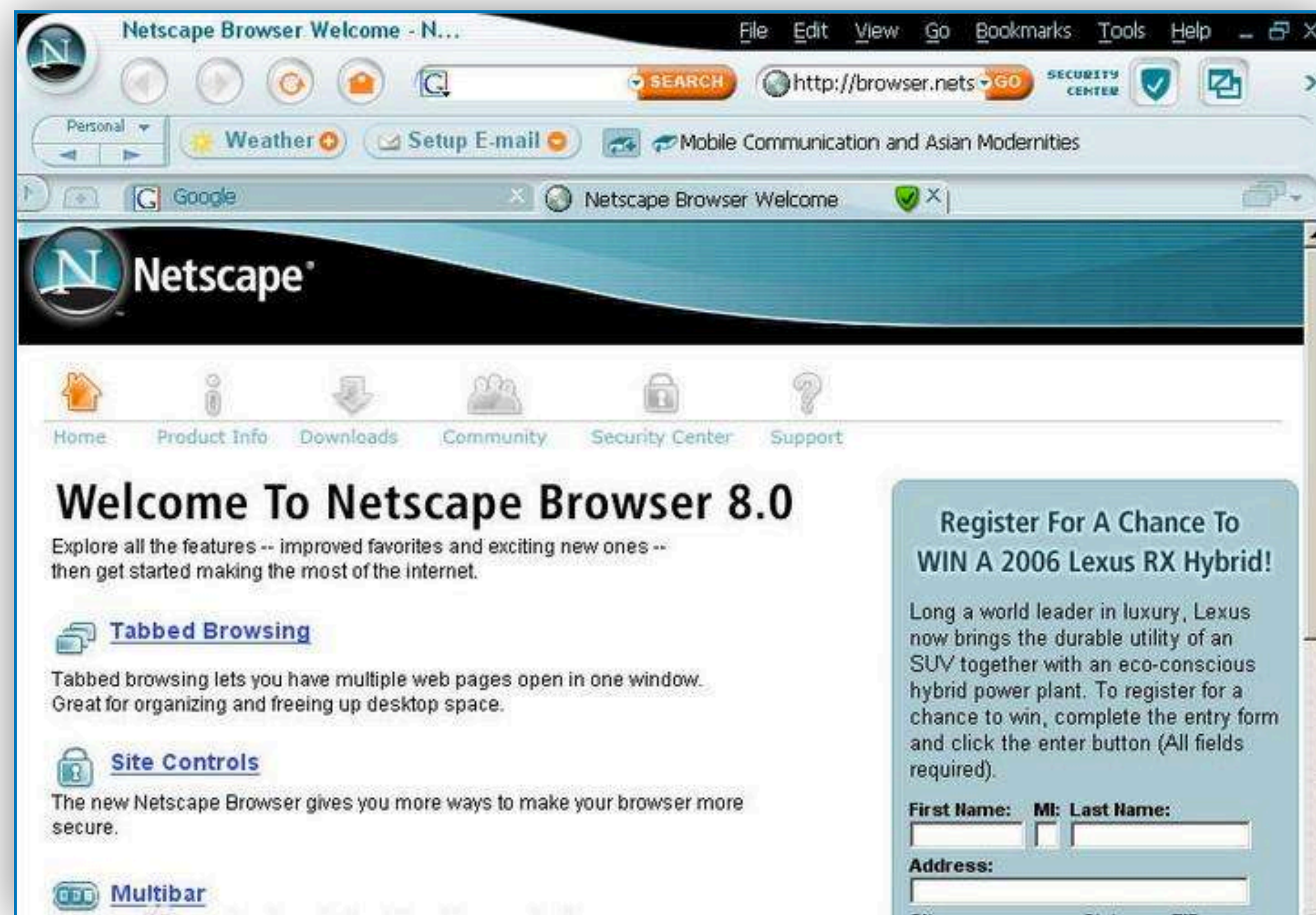
- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet



- 1993年，美国伊利诺州的伊利诺大学的国家超级计算机应用中心（NCSA），发表了一个浏览器，命名为“Mosaic”。
- 在当时人气爆发的大受欢迎，Mosaic的出现，**点燃后来因特网热潮的火种之一。**

互联网络发展史：浏览器之争—NETSCAPE网景浏览器

- 计算机网络概述
- 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
- Internet



Mosaic浏览演变成网景浏览器

互联网络发展史：浏览器之争—IE浏览器

- 计算机网络概述
 - 什么是网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

- 网景公司多次尝试创做一种能够让用户通过浏览器操作的**网络应用系统**：
 - 微软担心网景可能威胁到微软的操作系统和应用程序市场。
 - 微软在1995年向望远镜娱乐公司（Spyglass Entertainment）买下Mosaic的授权，以此为基础开发了Internet Explorer。
 - 双方激烈竞争就此展开。后来被称为“**浏览器大战**”。



小结

- 计算机网络概述
- 何为网络
 - 主机的网络
 - 局域网络
 - Internet

- 以主机为中心的网络。
- 以主机为中心的网络间互连（ARPAnet）。
- 微型计算机的诞生，促生了计算机局域网的发展。
- 网络的网络。
- internet与Internet，互联网发展的三个阶段，IXP。
- 异构局域网间及ARPAnet互联（采用IP协议，Internet）。
- WWW及浏览器的问世，极大促进互联网的应用与发展。
- 重要人物：蒂姆.伯纳斯.李。

互联网的应用

- 计算机网络概述
 - 互联网的应用
- 网络带来挑战
- 我国网络现状
- 互联网标准化

绝大多数人通过使用互联网而认识了互联网：

网络学习

网络娱乐（听音乐、看视频）

社交活动（微信、QQ）

信息搜索、资料查询

收发电子邮件

网络办公

网络订餐

网络购物

网络订票

网络订酒店

网上银行

股票交易

网络阅读

.....

互联网络，给人们的社会生活带来了巨大的改变；
互联网络，已经成为现代社会最为重要的基础设施。

互联网的应用

- 计算机网络概述
 - 互联网的应用
 - 网络带来挑战
 - 我国网络现状
 - 互联网标准化

- 互联网+：
 - 指“互联网 + 各个传统行业”；
 - 利用信息通信技术以及互联网平台，让互联网与传统行业进行深度融合，创造新的发展生态；
 - 特点：把互联网的创新成果深度融合于经济社会各领域之中，从而大大地提升了实体经济的创新力和生产力。

互联网的应用

- 计算机网络概述
 - 互联网的应用
- 网络带来挑战
- 我国网络现状
- 互联网标准化

- 物联网：
 - 将可感知设备、可独立寻址的物体进行互通互联的网络。
和以前互联网一样，接入的设备必须是可寻址的，才能具备唯一的身份，发起与其它设备的对话：
 - 自动驾驶
 - 智慧安防
 - 智能家居
 -

互联网络带来的挑战

- 计算机网络概述
- 互联网的应用
- 网络带来挑战
- 我国网络现状
- 互联网标准化

网络安全：网络攻击、网络病毒；

信息安全：窃取机密、危害安全；

电信诈骗：诈骗钱财、害国害民；

流言蜚语：散布谣言、蛊惑人心；

网络游戏：沉迷游戏、不思进取；

社交活动：缺乏沟通、关系疏远；

不良信息：黄色暴力、害人不浅。

.....

我国互联网发展现状

- 计算机网络概述
- 互联网的应用
- 网络带来挑战
- 我国网络现状
- 互联网标准化

网站数量：

2011年，230万个；2018年，523万个。

移动互联网接入流量：

2011年，5.4亿GB；2018年，711.1亿GB。

网民人数：

2011年，51310万人；2018年，82851万人。

互联网普及率：

2011年，38.3%；2018年，59.6%。

手机网民：

2011年，35558万人（69.3%）；2018年，81698万人（98.6%）。

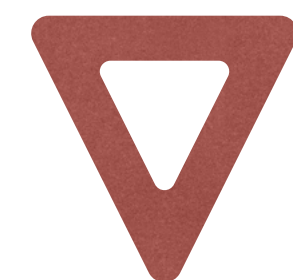
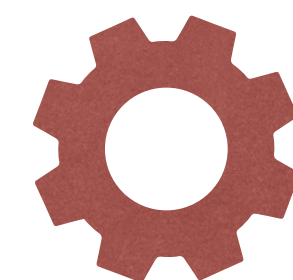
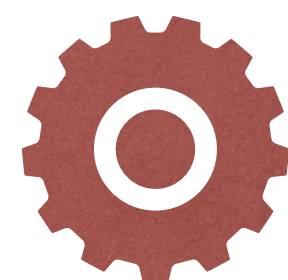
数据来源：中国互联网信息中心
<http://www.cnnic.cn/>

标准化

- 计算机网络概述
 - 互联网的应用
 - 网络带来挑战
 - 我国网络现状
 - 互联网标准化

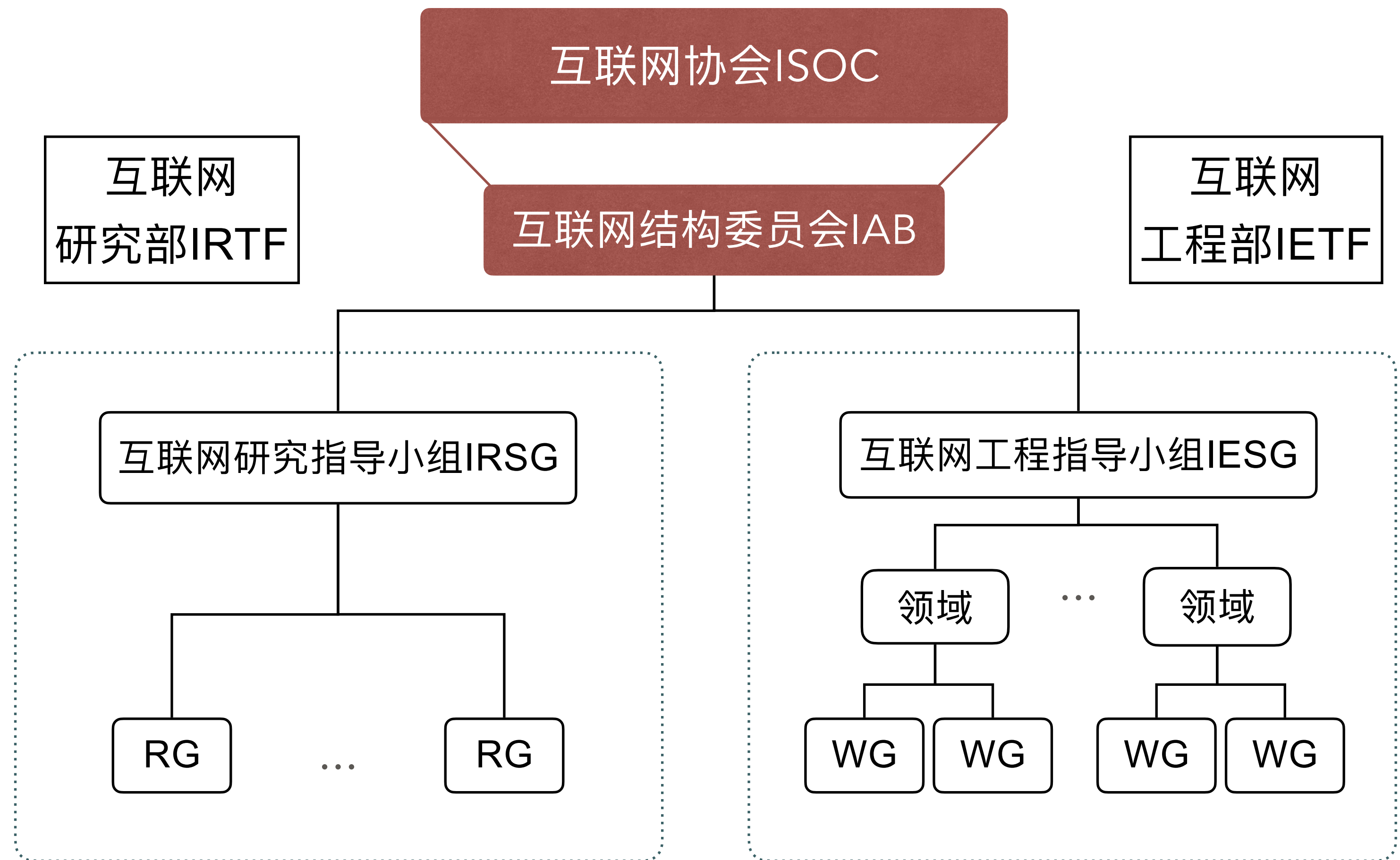
互联成功的因素之一是**开放性和标准化**：

- 开放性：任何人都可以参与标准的制定、下载标准，符合标准的任何设备都可以接入；
- 标准化：对互联网的发展起到了重要作用。



标准化

- 计算机网络概述
- 互联网的应用
- 网络带来挑战
- 我国网络现状
- 互联网标准化



标准化

- 计算机网络概述
 - 互联网的应用
 - 网络带来挑战
 - 我国网络现状
 - 互联网标准化

ISOC: 互联网协会。

IAB: Internet Architecture Board的缩写, 互联网结构委员会:

- **IRTF**: Internet Research Task Force:
 - **IRSG**: 由研究所组成, 研究需要长期考虑的理论问题。
- **IETF**: The Internet Engineering Task Force:
 - **IESG**: 研究每个领域短期和中期的工程问题。

标准化

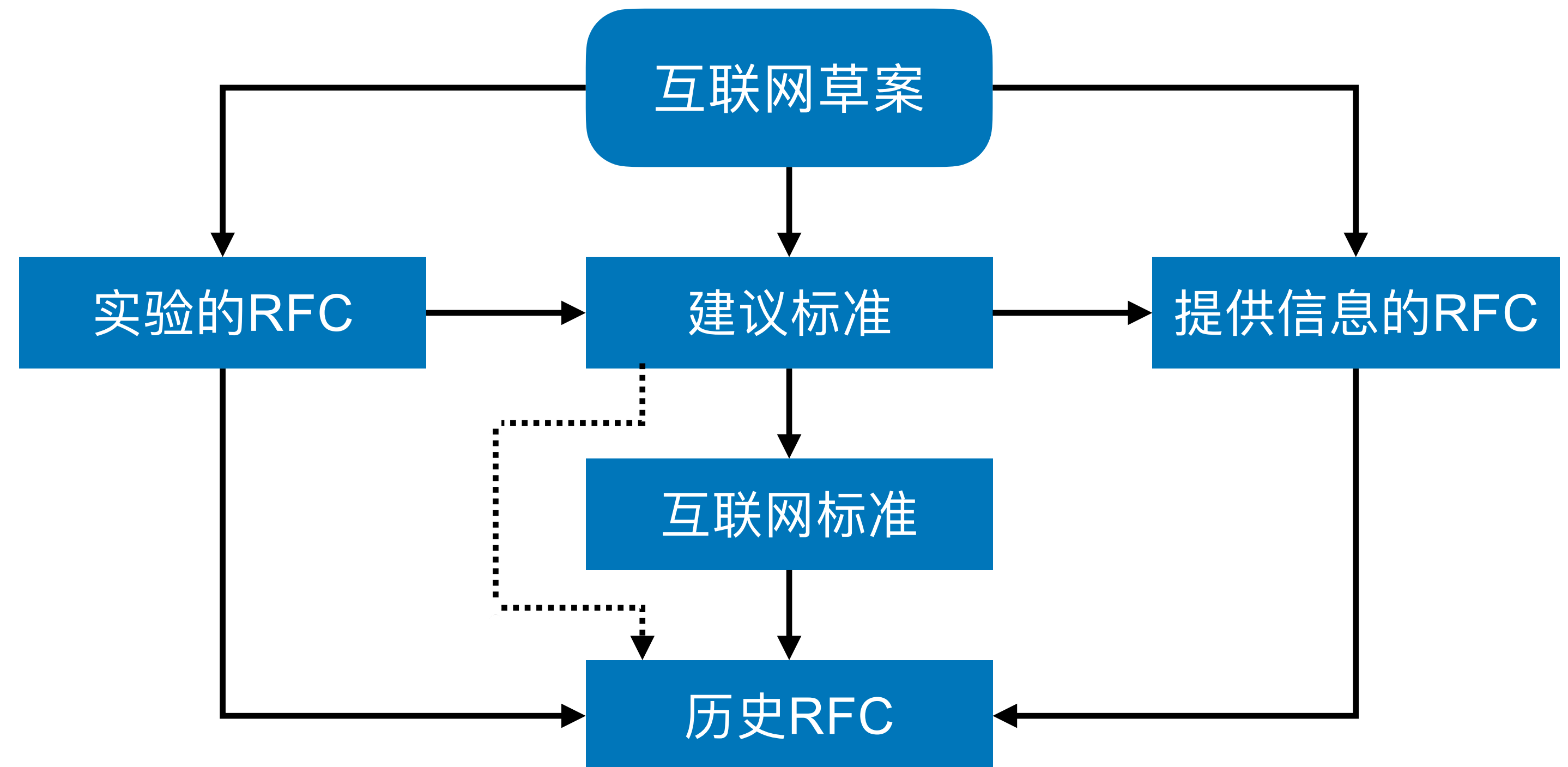
- 计算机网络概述
- 互联网的应用
- 网络带来挑战
- 我国网络现状
- 互联网标准化

- 所有互联网标准都以RFC的形式在互联网上发表：
 - 互联网草案 (Internet Draft) ——有效期只有六个月。在这个阶段还不是 RFC 文档；
 - 建议标准 (Proposed Standard) ——从这个阶段开始就成为 RFC 文档；
 - 互联网标准 (Internet Standard) ——达到正式标准后，每个标准就分配到一个编号STDxx。
- 现在简化为两个阶段：
 - 建议标准；
 - 互联网标准。

RFC(Request For Comments)
<https://www.ietf.org/rfc/>

各种 RFC 之间的关系

- 计算机网络概述
 - 互联网的应用
 - 网络带来挑战
 - 我国网络现状
 - 互联网标准化



提供信息的RFC：与互联网有关的一般的、历史、指导的信息

小结

- 计算机网络概述
 - 互联网的应用
 - 网络带来挑战
 - 我国网络现状
 - 互联网标准化

- 网络有哪些作用。
- 互联网络带来的问题。
- 我国互联网络的发展。
- 互联网络标准的制定。

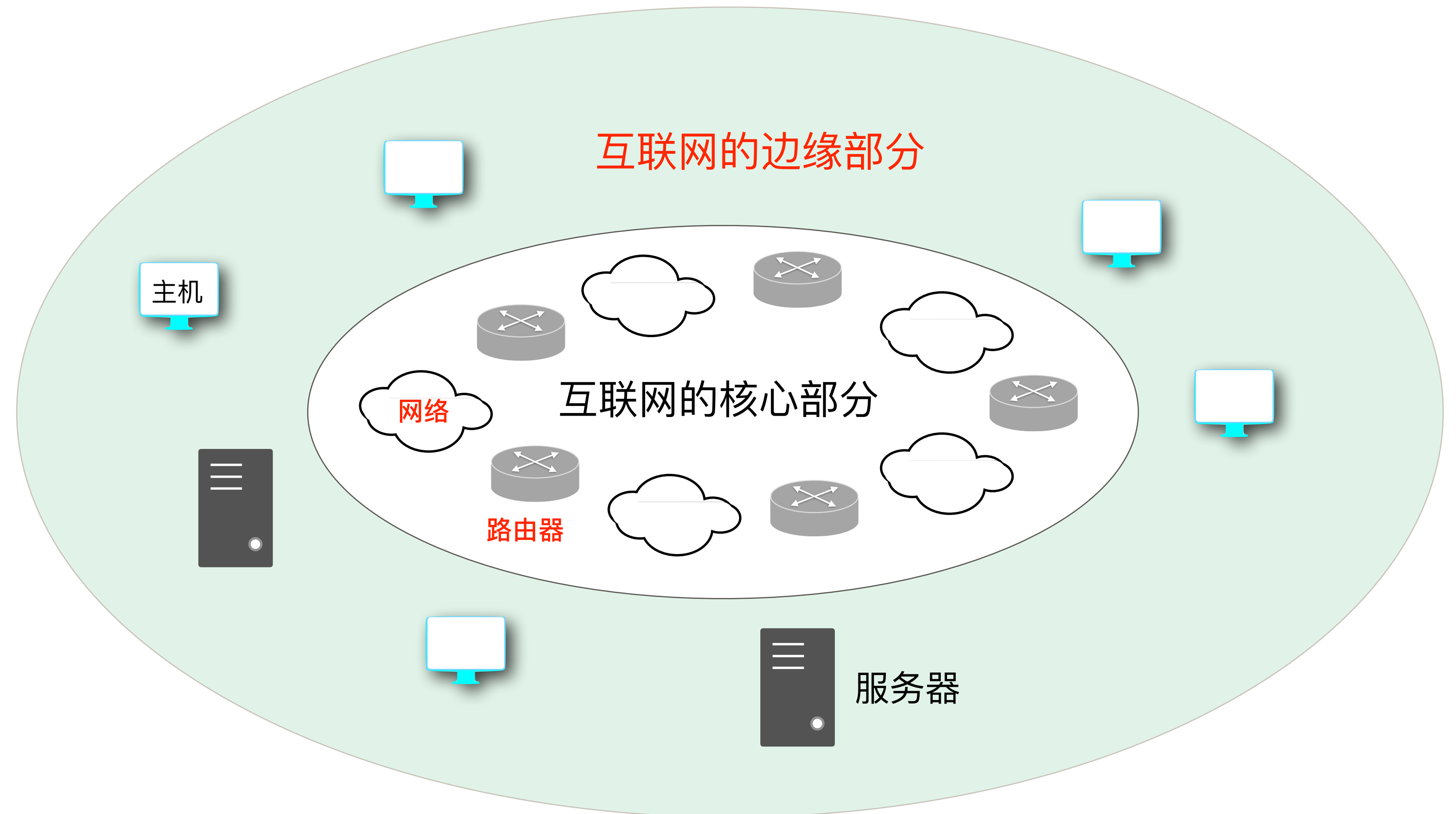
互联网的组成

- 计算机网络概述
 - 互联网的组成
 - 边缘部分
 - 核心部分
 - 互联网的通信
 - 端到端的概念
 - 两种通信方式

- 边缘部分：
 - 由所有连接在互联网上的主机组成。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）。

互联网的组成

- 计算机网络概述
 - 互联网的组成
- 互联网的通信
 - 端到端的概念
 - 两种通信方式



互联网的边缘部分

- 计算机网络概述
- 互联网的组成
- 互联网的通信
 - 端到端的概念
 - 两种通信方式

- 互联网边缘部分：连接在互联网上的所有的主机，又称为端系统 (end system):
 - 小的端系统：个人电脑、智能手机、网络摄像头等。
 - 大的端系统：大型计算机：
 - 拥有者：个人、单位或某个 ISP。

端系统之间通信的含义

- 计算机网络概述
- 互联网的组成
- 互联网的通信
 - 端到端的概念
- 两种通信方式

- “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”；
 - 例如：家庭间的邮件往来，一般指家庭中某个成员和另一个家庭中某个成员间收发邮件。



端到端通信的两种方式

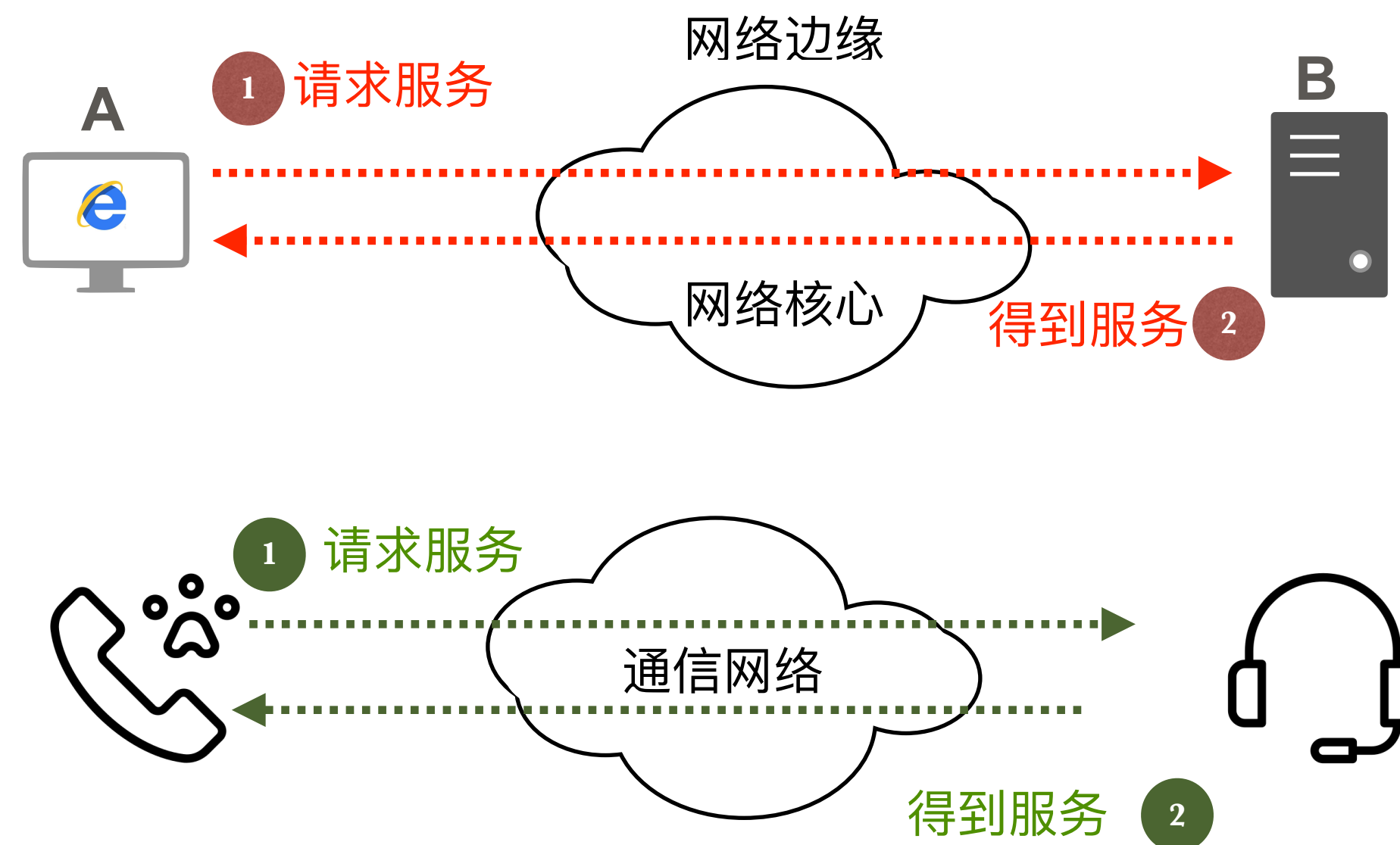
- 计算机网络概述
- 互联网的组成
- 互联网的通信
 - 端到端的概念
 - 两种通信方式

- 客户服务器方式（C/S 方式）：
 - 即Client/Server方式，简称为 C/S 方式。
- 对等方式（P2P 方式）：
 - 即 Peer-to-Peer方式，简称为 P2P 方式。

客户/服务器工作方式方式

- 计算机网络概述
- 互联网的组成
- 互联网的通信
 - 端到端的概念
 - 两种通信方式

- 客户 (client) 和服务器 (server) :
 - 都是指通信中所涉及的两个应用进程。
 - “客户/服务器”:
 - 进程之间服务和被服务的关系。客户是服务的请求方，服务器是服务的提供方。



客户服务器方式： 客户软件特点

- 计算机网络概述
 - 互联网的组成
 - 互联网的通信
 - 端到端的概念
 - 两种通信方式

客户端软件特点：

- 被用户调用后运行，在打算通信时主动向远地服务器发起通信（请求服务）。因此，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。



客户服务器方式：服务器软件特点

- 一种专门用来提供**某种服务的程序**，可同时处理多个远地或本地客户的请求（例如：IIS、Apache、Proftpd等）。
- 启动后一直**不断地运行着**，被动地**等待并接受**来自的客户的**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**。

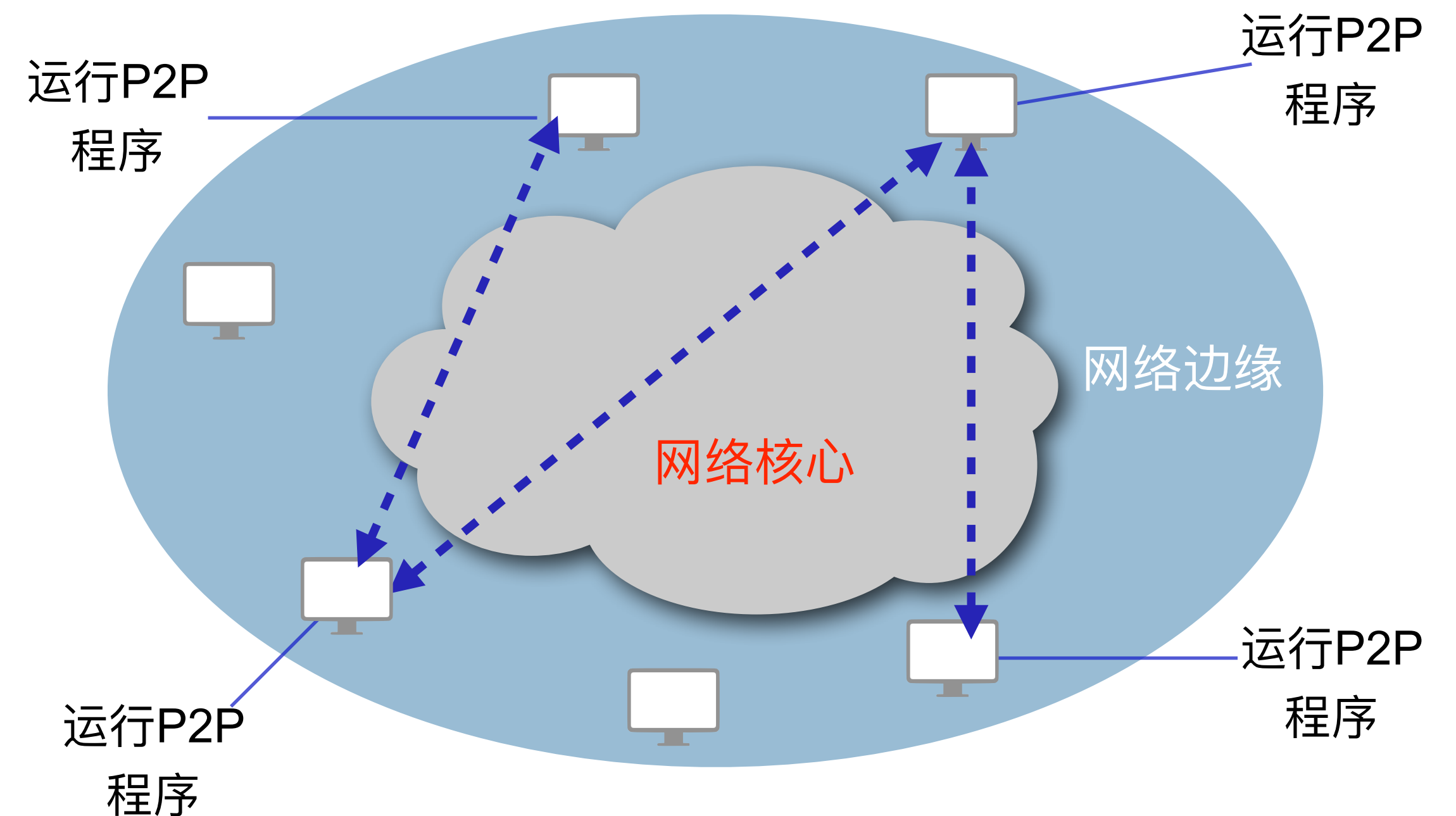


客户与服务器的通信关系建立后，通信可以是**双向的**，客户和服务器的都可**发送和接收数据**。



对等连接方式

- **对等连接** (peer-to-peer, 简称为 P2P)：两个通信主机**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。
- 对等连接方式仍然是使用客户服务器方式，每一个主机既是客户又是服务器。



对等连接工作方式可支持**大量对等用户**（如上百万个）同时工作。

小结

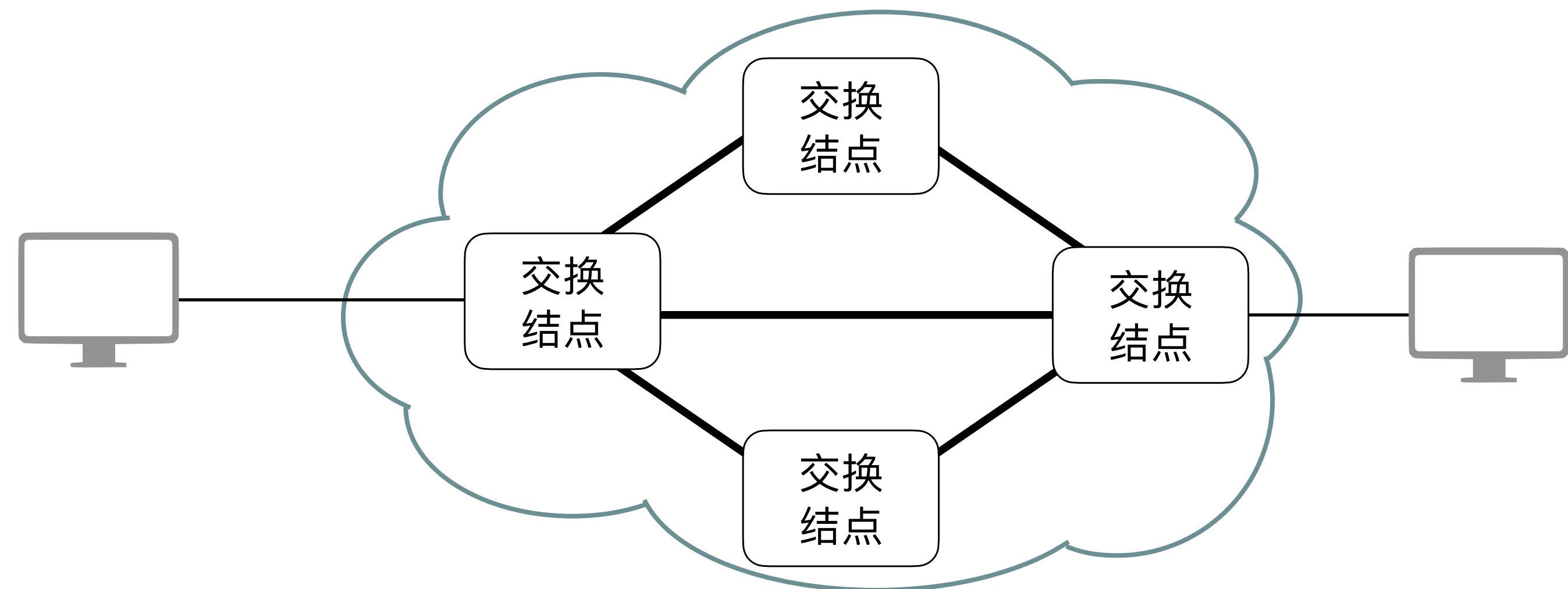
- 计算机网络概述
- 互联网的组成
- 互联网的通信
 - 端到端的概念
 - 两种通信方式

- 互联网的组成。
- 端系统进程间通信。
- 通信模式：
 - C/S、P2P。

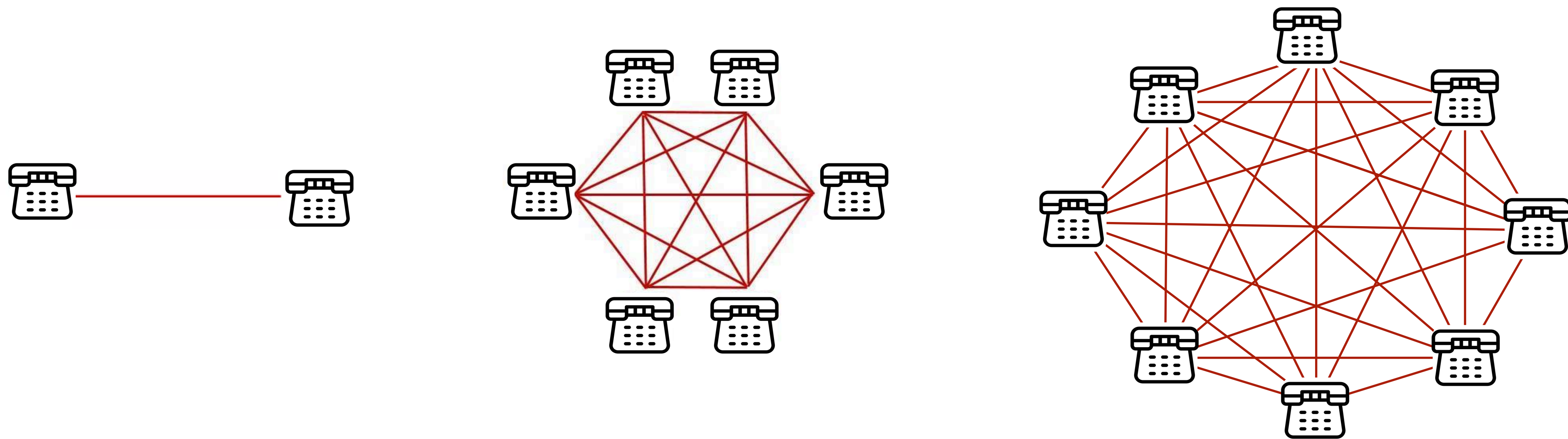
互联网核心部分

- 计算机网络概述
 - 互联网核心部分
 - “交换”的概念
 - 电路交换的特点
 - 电路交换的三个阶段
 - 电路交换优缺点

- 为了实现远距离数据传输，需要使用交换节点对数据进行转发（交换）。
- 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。



电话电路交换

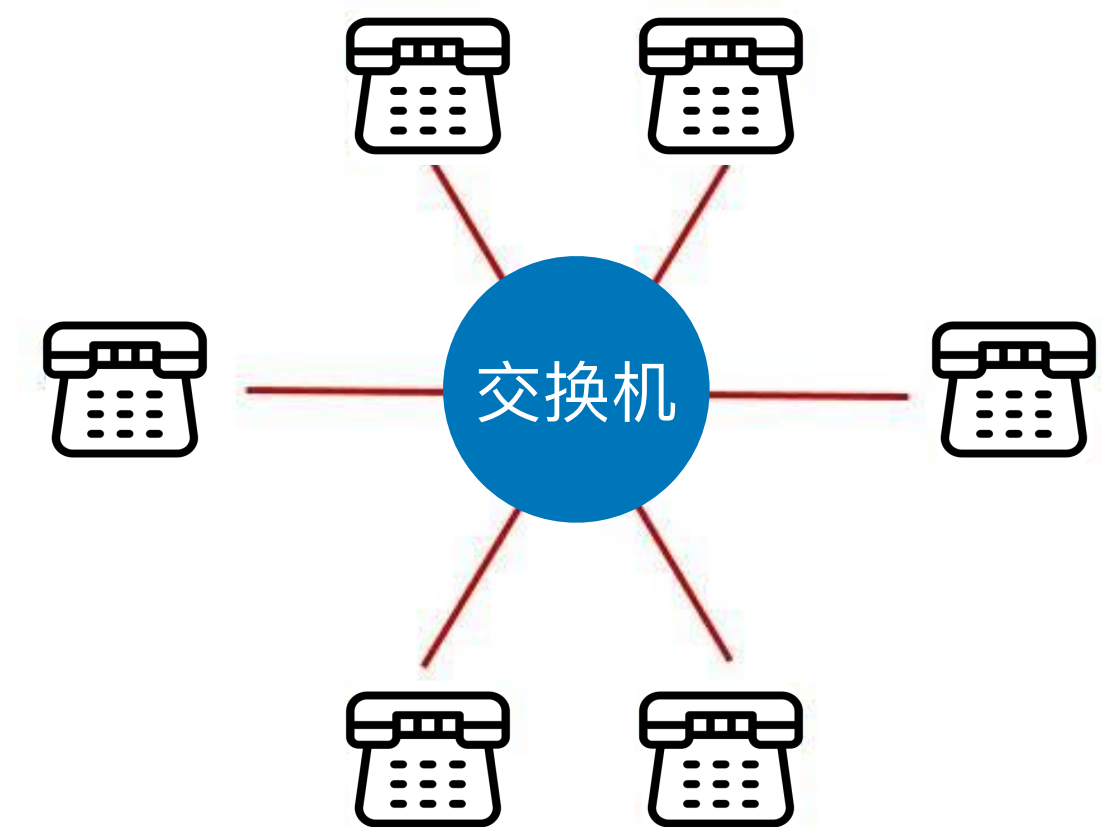
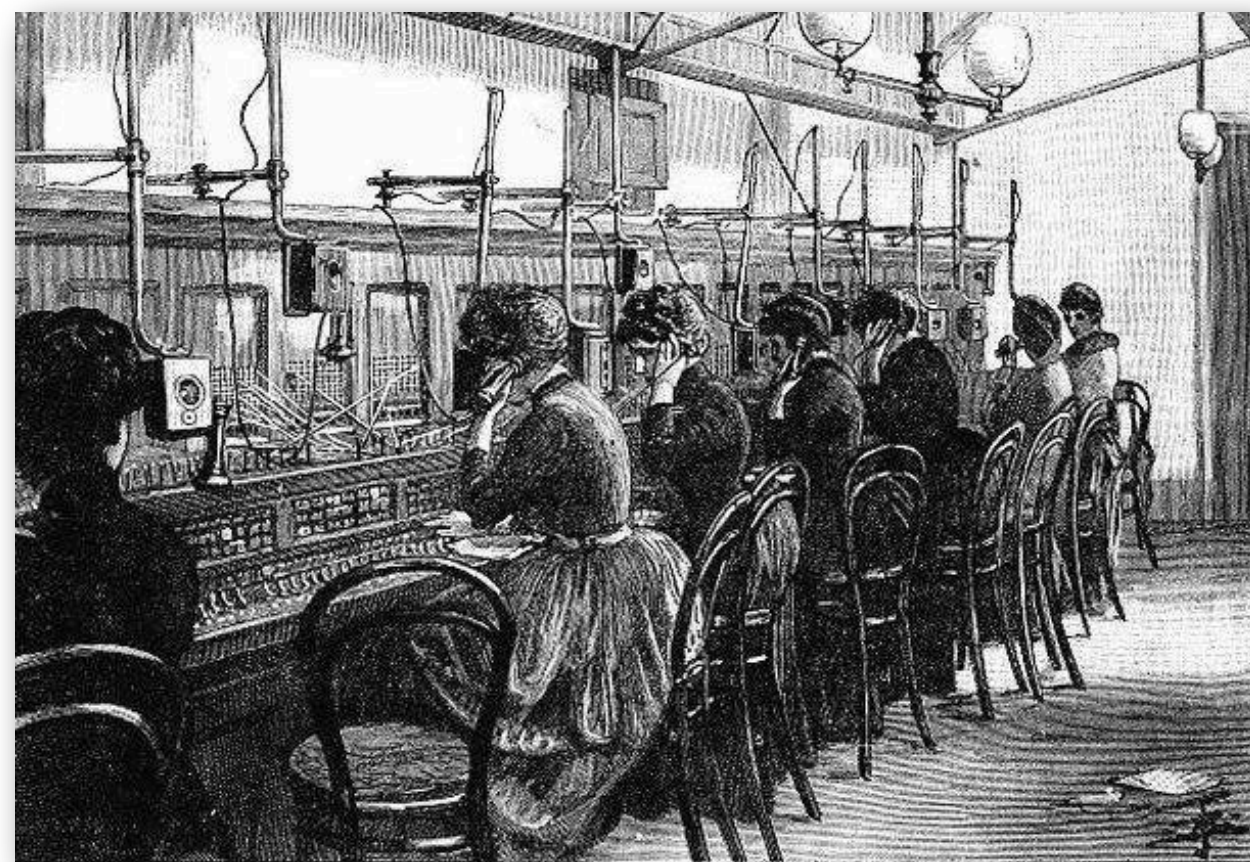


电话之间电线直接连接就能够互相通话

N 部电话机两两直接相连，需 $N(N - 1)/2$ 对电线。这种直接连接方法所需要的电线对的数量与电话机数量的平方（ N^2 ）成正比。

电话人工交换

- 当电话机的数量增多时，就要使用**交换机**来完成全网的交换任务，于是出现了“**交换**”：
- 1878年人工电话交换机出现，电话接续过程中的**接线、拆线**完全由**话务员手工操作**。
- **缺点**：容量很小，需要占用大量人力，工作繁重，效率低下，容易出错。



第一台步进制电话交换机

- 1891年，一个名叫史端乔的**殡仪馆**老板，**发明了该交换机**：
- 他发现，打到自己店里的生意电话，总会被话务员转接到另一家殡仪馆。后来才知道，原来当地话务员是那家殡仪馆老板的**堂弟**。于是，他很生气，发誓一定要发明一个**不需要人工操作**的交换机。
- **1892年**，第一个“**史端乔步进制电话局**”在美国投入使用。



A.B.史端乔, Almon Brown Strowger
<http://www.almonbrownstrowger.com/>

“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。
- **交换**：在多结点通信网络中，为有效利用通信设备和线路，**动态地设定**通信双方间的线路，**动态地接通或断开**通信线路，称为“交换”。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**。
- **交换方式分类**：
 - 电路交换；
 - 存储交换：报文交换、分组交换、信元交换。

每一部电话都直接连接到交换机上，而交换机使用交换方式就是**电路交换** (circuit switching)。

电路交换的特点

- 计算机网络概述
- 互联网核心部分
- 交换的概念
- 电路交换的特点
- 电路交换的三个阶段
- 电路交换优缺点

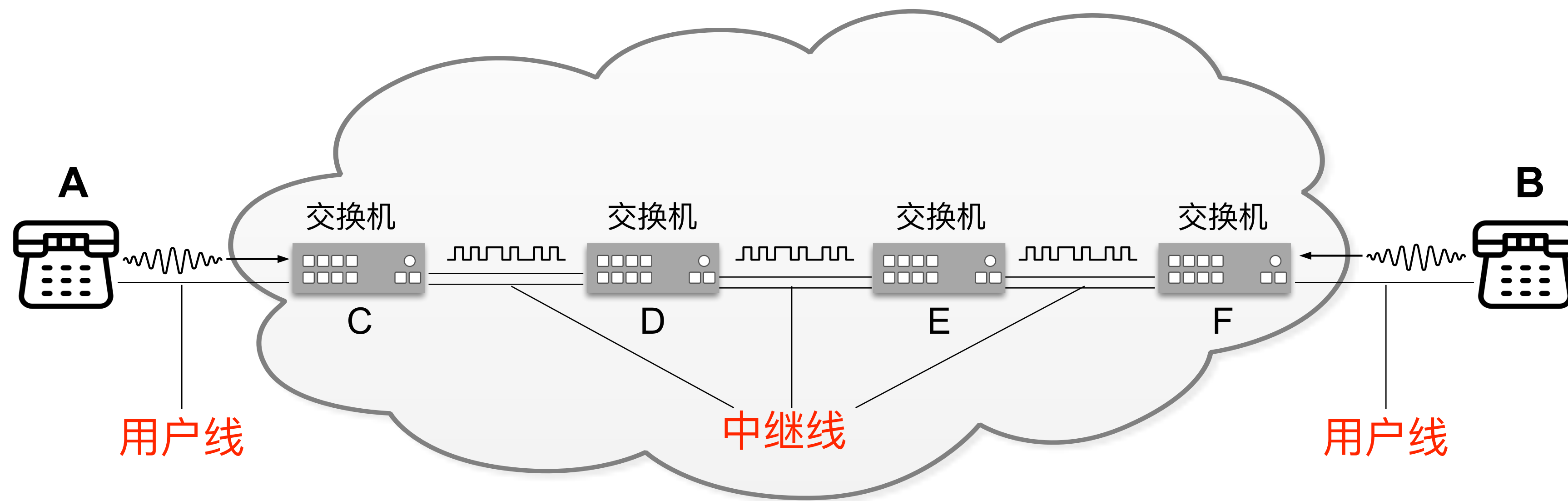
- 电路交换必定是面向连接的。
- 主要特点：
 - 在发送数据前，通信双方必须建立临时专用（独占）的物理通路；
 - 该物理通路由通信双方之间的交换设备和链路逐段连接而成。建立物理通路时间较长，数据传送延迟较短。

电路交换的三个阶段

- 计算机网络概述
 - 互联网核心部分
 - 交换的概念
 - 电路交换的特点
 - 电路交换的三个阶段
 - 电路交换优缺点

- 电路交换分为三个阶段：
 - 建立电路（连接）：建立一条专用的物理通路，以保证双方通话时所需的通信资源在通信时不会被其他用户占用；
 - 传输数据（通信）：主叫和被叫双方就能互相通电话；
 - 拆除电路（释放连接）：释放刚才使用的这条专用的物理通路（释放刚才占用的所有通信资源）。

电路交换举例



A 和 B 通话经过四个交换机，通话在 A 到 B 的连接上进行。
电路交换的用户始终占用端到端的通信资源。

电路交换的优缺点

优点	具体描述
时延小	由于通信线路为通信双方用户专用，数据直达，所以传输数据的时延非常小。
时间性强	通信双方之间的物理通路一旦建立，双方可以随时通信，实时性强。
无失序	双方通信时按发送顺序传送数据，不存在失序问题。
使用面广	电路交换既适用于传输模拟信号，也适用于传输数字信号。
控制简单	电路交换的交换设备（交换机等）及控制均较简单。
缺点	具体描述
信道利用低	电路交换连接建立后，物理通路被通信双方独占，即使通信线路空闲，也不能供其他用户使用，不适合计算机通信（突发性），因而信道利用低。
终端要求	电路交换时，数据直达，不同类型、不同规格、不同速率的终端很难相互进行通信。

小结

- 计算机网络概述
- 互联网核心部分
- 交换的概念
- 电路交换的特点
- 电路交换的三个阶段
- 电路交换优缺点

- “交换”的概念：
 - 动态分配线路资源。
- 交换的分类：
 - 电路交换；
 - 存储交换：报文交换、分组交换、信元交换。
- 电路交换的主要特点：
 - 建立临时通路；逐段占用链路；通路建立时间长；数据传输时延小。
- 电路交换的三个阶段：
 - 建立电路；传输数据；拆除电路。
- 电路交换的优缺点。

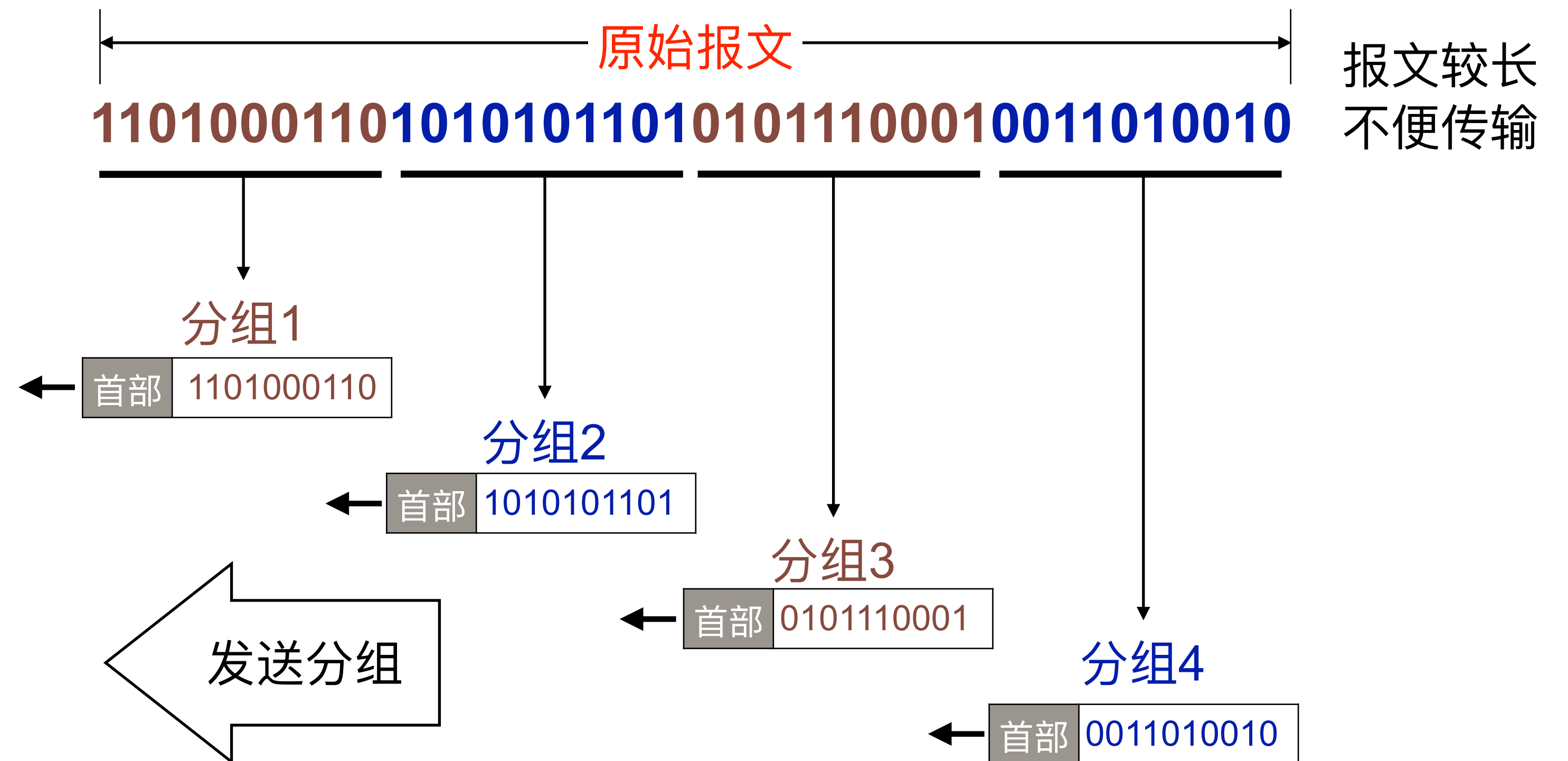
分组交换

- 计算机网络概述
 - 分组交换
 - 发组发送
 - 分组首部
 - 分组接收
 - 路由器简介
 - 分组转发过程
 - 分组交换优缺点

- 分组交换则采用存储转发技术。
 - 发送端，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首部构成分组(packet)。
-
- 邮局对收寄的包裹有重量要求。
 - 若需发送的书籍包裹（报文）超过要求：
 - 将书籍包裹分成小包裹（分组）；
 - 每个小包裹注明目的地址（首部信息）；
 - 邮局将这些小包裹存储转发至目的地；
 - 每个小包裹可能选用不同路径到达目的地。

分组交换（分组发送）

- 计算机网络概述
 - 分组交换
 - 发组发送
 - 分组首部
 - 分组接收
- 路由器简介
- 分组转发过程
- 分组交换优缺点



请注意：现在左边是“前面”

分组首部的重要性

- 计算机网络概述
 - 分组交换
 - 发组发送
 - 分组首部
 - 分组接收
 - 路由器简介
 - 分组转发过程
 - 分组交换优缺点

- 每一个分组的首部都含有地址（目的地址和源地址）等控制信息。
- 分组交换网中的结点交换机根据收到的分组首部中的地址信息，把分组转发到下一个结点交换机：
 - 每个分组在互联网中独立地选择传输路径；
 - 用这样的存储转发方式，最后分组就能到达最终目的地。

EMS 全球邮政特快专递 WORLDWIDE EXPRESS MAIL SERVICE

国内经济快递 客服电话: 11183 网站: www.ems.com.cn

5 0 0 6 9 9 5 2 0 2 3 0 0

1 寄件人信息: 寄件人: 电话/手机: 公司名称: 地址: 客户代码: 邮编: 寄件日期: 寄件城市: 邮编: 寄件人签名: 请仔细阅读背面条款! 您的签名意味着您理解并同意接受条款的一切内容。 年 月 日 时

2 收件人信息: 收件人: 电话/手机: 公司名称: 地址: 客户代码: 邮编: 寄达城市: 邮编: 收件人签名: 年 月 日 时

3 附加服务: ☐ 妥投短信 ☐ 实物运单 ☐ 电子运单 ☐ 其它: 元 代收货款: 元 万 仟 佰 拾 元

4 费用合计: 邮费: 元 保价费: 元 封装费: 元 其他费用: 元 费用合计: 元 投递应收运费: 元

5 付款方式: ☐ 寄件人付 ☐ 收件人付 ☐ 刷卡 ☐ 月结 ☐ 第三方支付 ☐ 现金

6 投递信息: 收件人员: 投递人员: 5006995202300

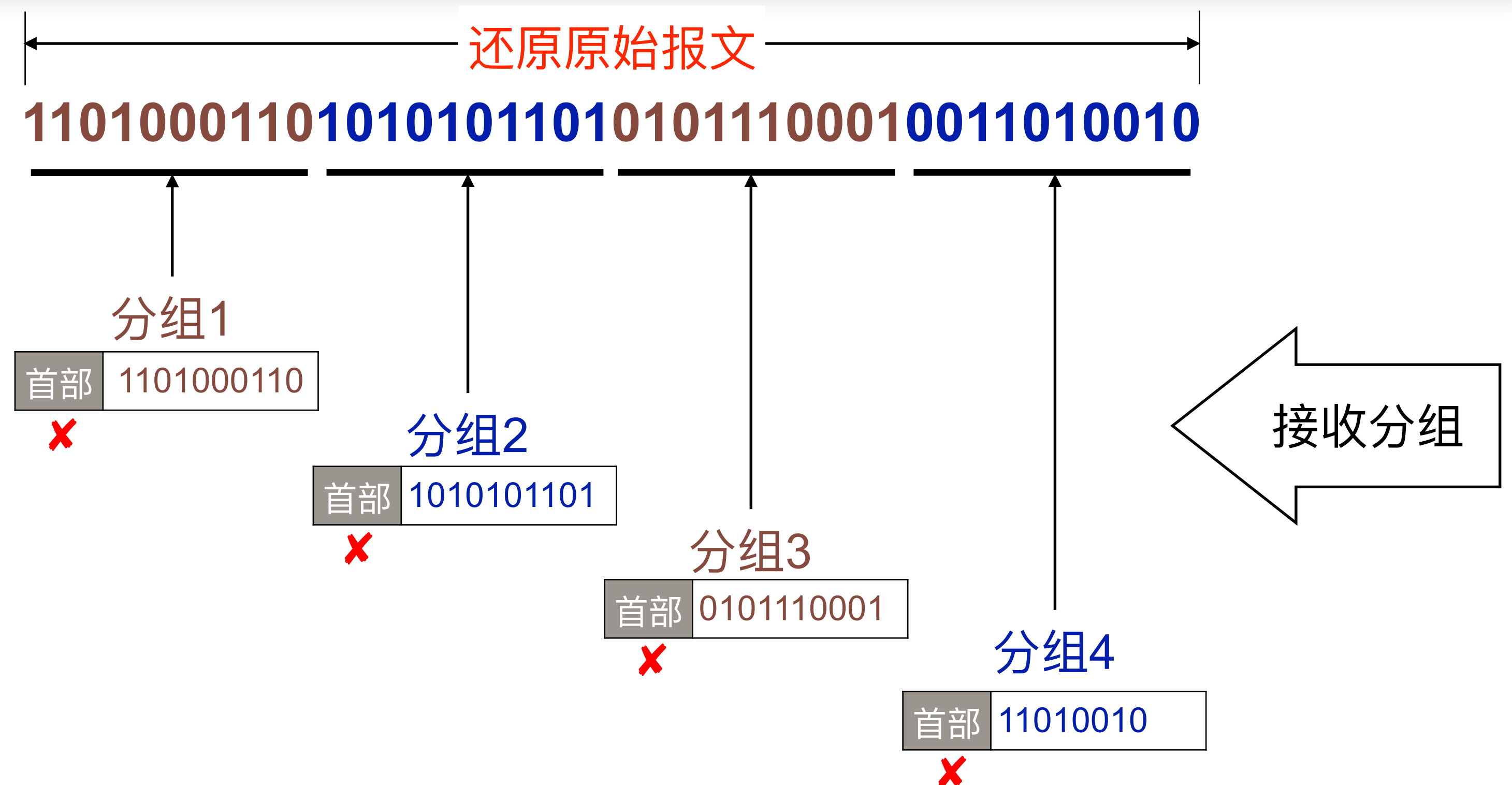
内件品名: 总件数: 实际重量 (kg): 计费重量 (kg): 总体积 (m³): 声明价值: 万 仟 佰 拾 元 (¥) 元 请确定寄递物品单件价值不超过2万元, 贵重物品务必保价, 未保价物品的赔偿额为所付运费的3倍。 请用力填写!

每个小包裹都必须贴上快递详情单

分组交换（分组接收）

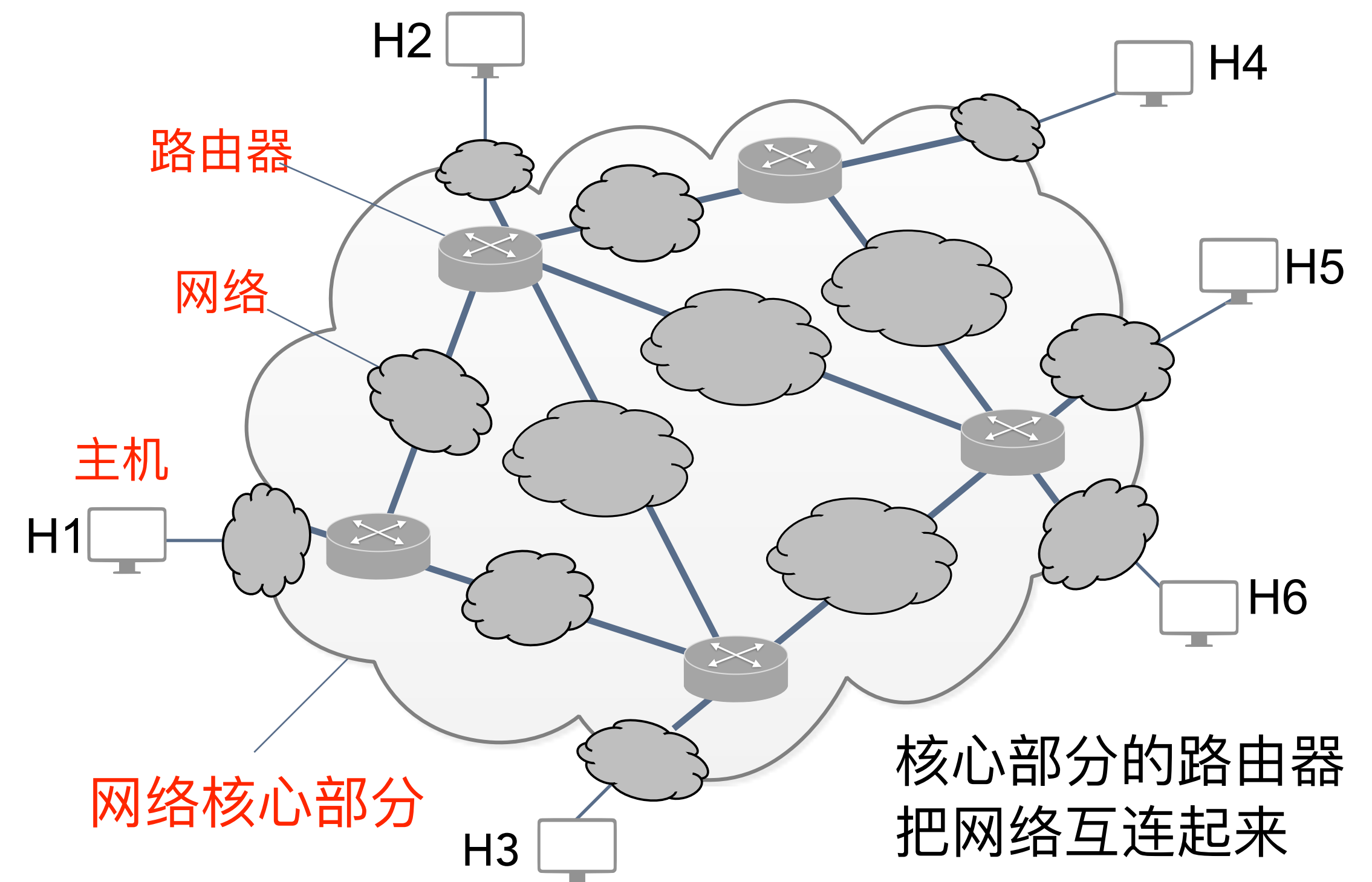
- 计算机网络概述
- 分组交换
 - 发组发送
 - 分组首部
 - 分组接收
- 路由器简介
- 分组转发过程
- 分组交换优缺点

- 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：
 - 接收端收到分组后剥去首部还原成报文；
 - 最后，在接收端把收到的数据恢复成为原来的报文。



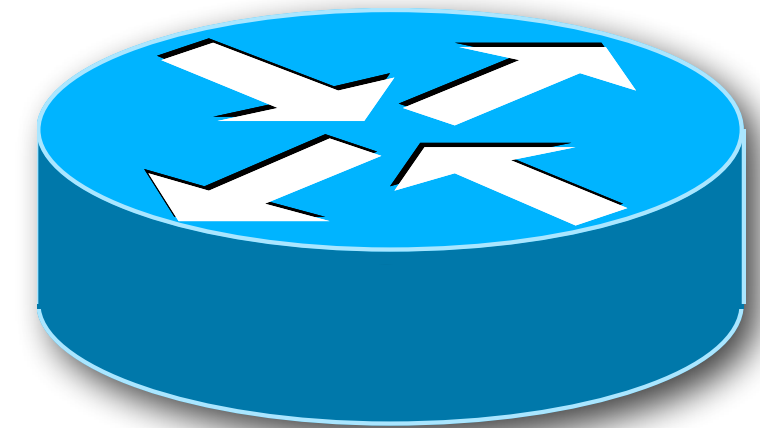
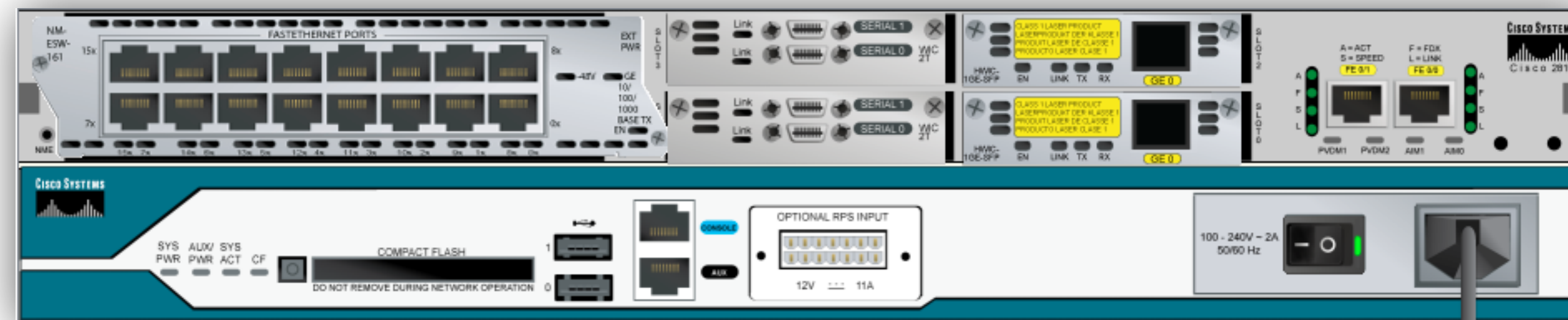
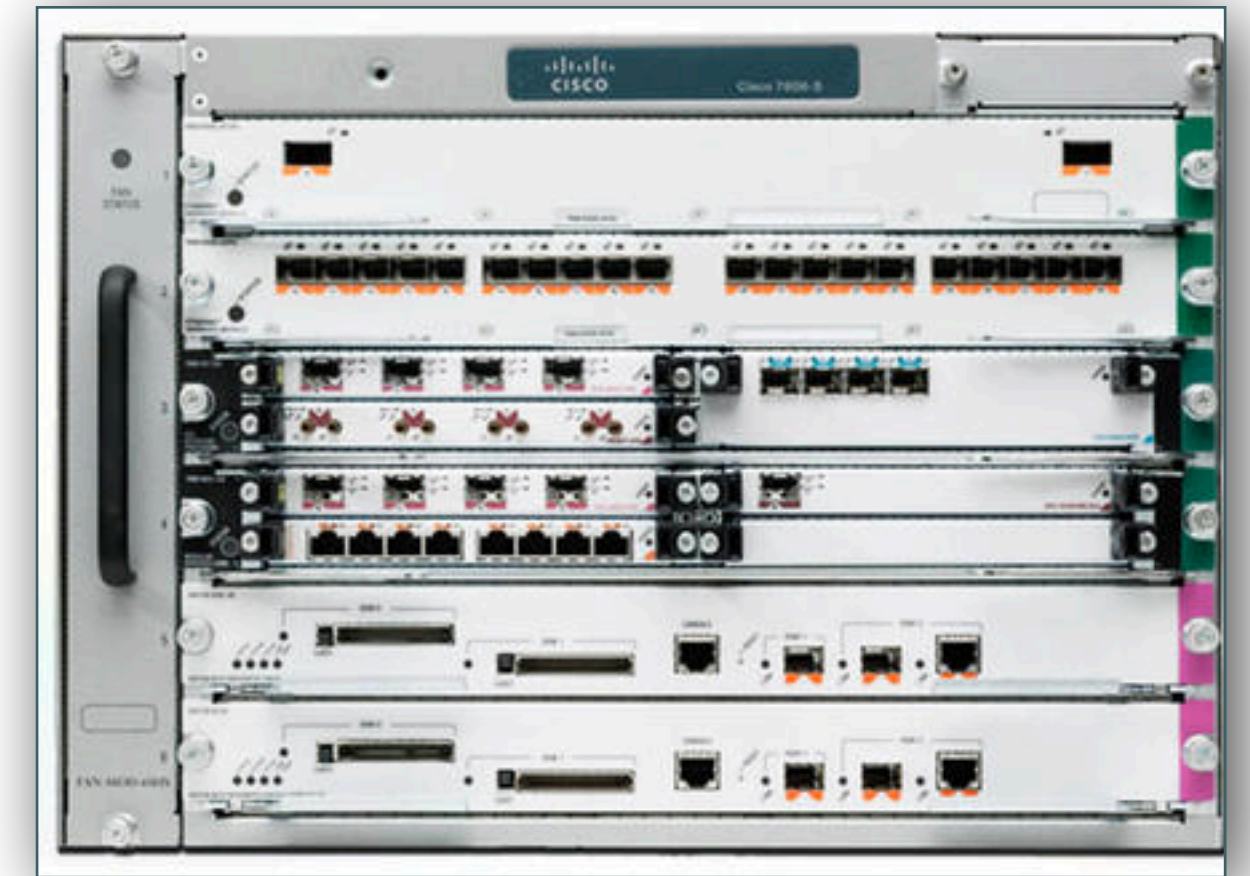
互联网的核心部分

- **核心部分**：由许多网络和把它们互连起来的**路由器**组成，而**主机**处在互联网的**边缘**部分。
- 路由器之间用**高速链路**相连接，主机**接入**到核心采用较**低速率**的链路相连接。
- **主机的用途**：
 - 信息处理，交换信息。
- **路由器的用途**：
 - 用来转发分组；
 - 即进行分组交换。



分组交换：路由器简介

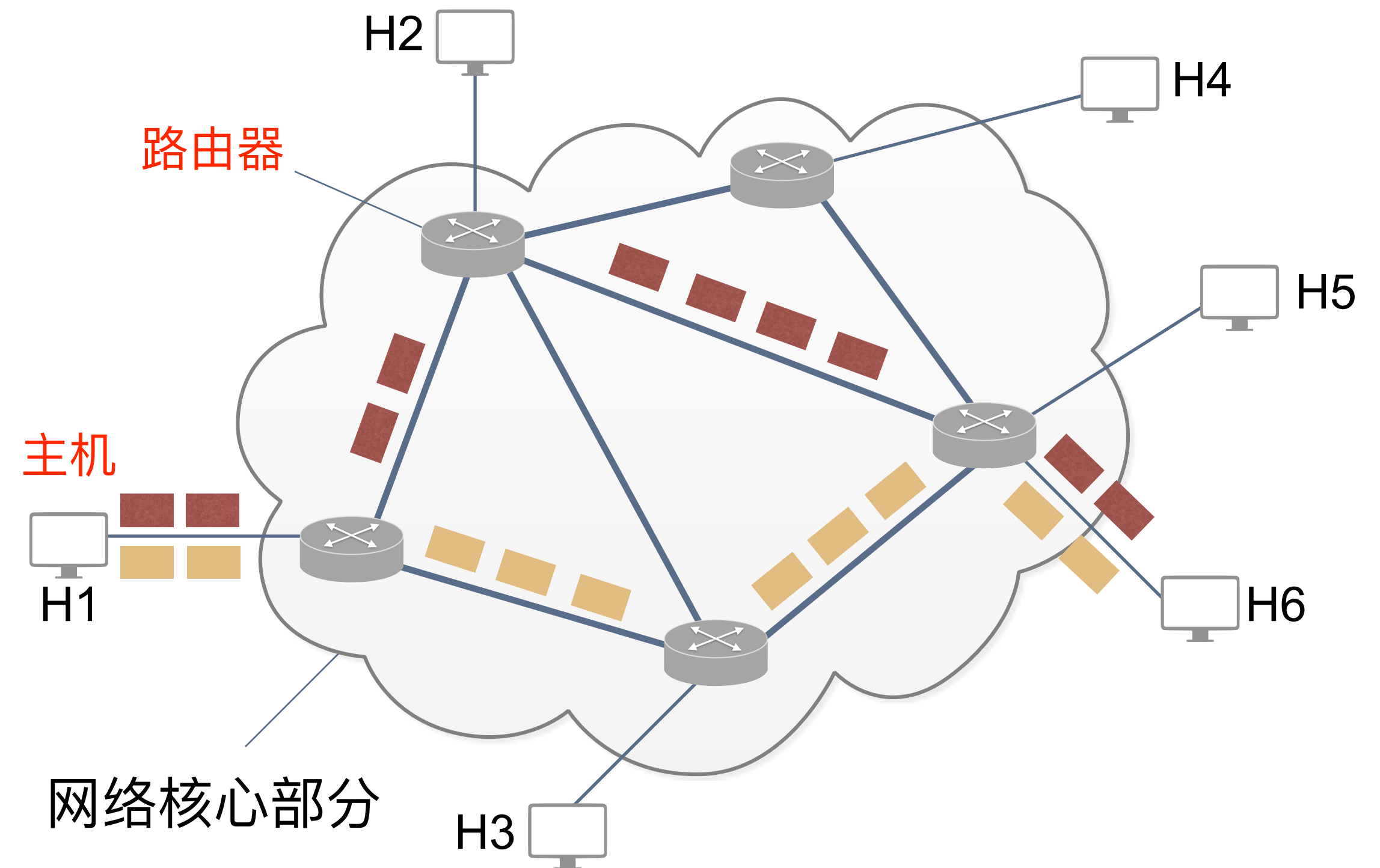
- 在路由器中的**输入和输出端口**之间**没有直接连线**（Why?）。
- 路由器处理分组的**过程是**：
 - 把收到的分组先**放入缓存**（暂时存储）；
 - **查找转发表**，找出到某个目的地址应从哪个端口转发；
 - 把分组送到适当的端口**转发出去**。



路由器的功能之一：分组转发

- 主机H1发送分组给目标主机H6。
- 分组所经过的**路径不同**。
- 分组转发的路径由路由器协同**计算得到**。

- **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**。



路由器转发分组的过程



- 接收分组；存储分组；查找转发表；找到转发端口，转发分组。

分组交换：优缺点

- 计算机网络概述
 - 分组交换
 - 发组发送
 - 分组首部
 - 分组接收
 - 路由器简介
 - 分组转发过程
 - 分组交换优缺点

优点	所采用的手段
高效	在分组传输的过程中动态分配传输带宽，对通信链路是逐段占用的。
灵活	为每一个分组独立地选择最合适的转发路由。
迅速	以分组作为传送单位，可以不先建立连接就能向其他主机发送分组。
可靠	分布式多路由的分组交换网，使网络有很好的生存性。
缺点	分组交换带来的问题
时延	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。
开销	分组必须携带的首部（控制信息）也造成了一定的开销。
失序	当分组交换采用数据报服务时，可能出现失序、丢失或重复分组。

小结

- 计算机网络概述
 - 分组交换
 - 发组发送
 - 分组首部
 - 分组接收
 - 路由器简介
 - 分组转发过程
 - 分组交换优缺点

- 分组交换的特点。
- 路由器转发分组的过程。
- 分组交换的优缺点。

报文交换

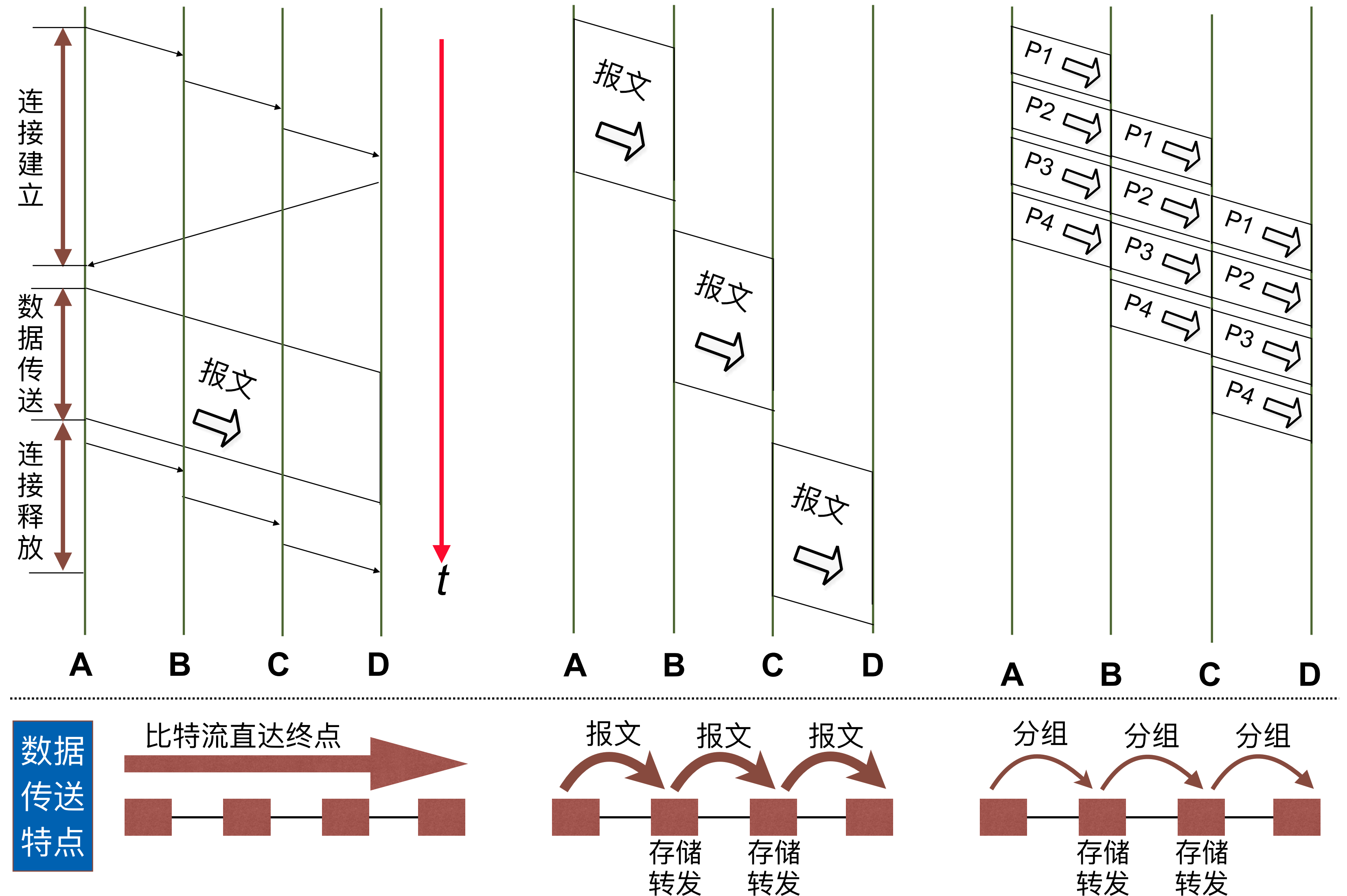
- 计算机网络概述
 - 报文交换
 - 三种交换比较
 - 关键人物

- 在 20 世纪 40 年代，电报通信采用了基于存储转发原理的报文交换，每一个结点接收整个报文，然后整个报文一次发送完毕，一次一跳。
- 优点：
 - 无需建立连接，用户随时发送报文；
 - 不同时间一段一段地占用通信线路，通信线路利用率高。
- 缺点：
 - 报文交换的时延较长，实时性差；
 - 只适用于数字信号；
 - 报文长度没有限制，中间转发结点存储空间大。

存储转发原理并非完全新的概念： 报文交换

三种交换的比较

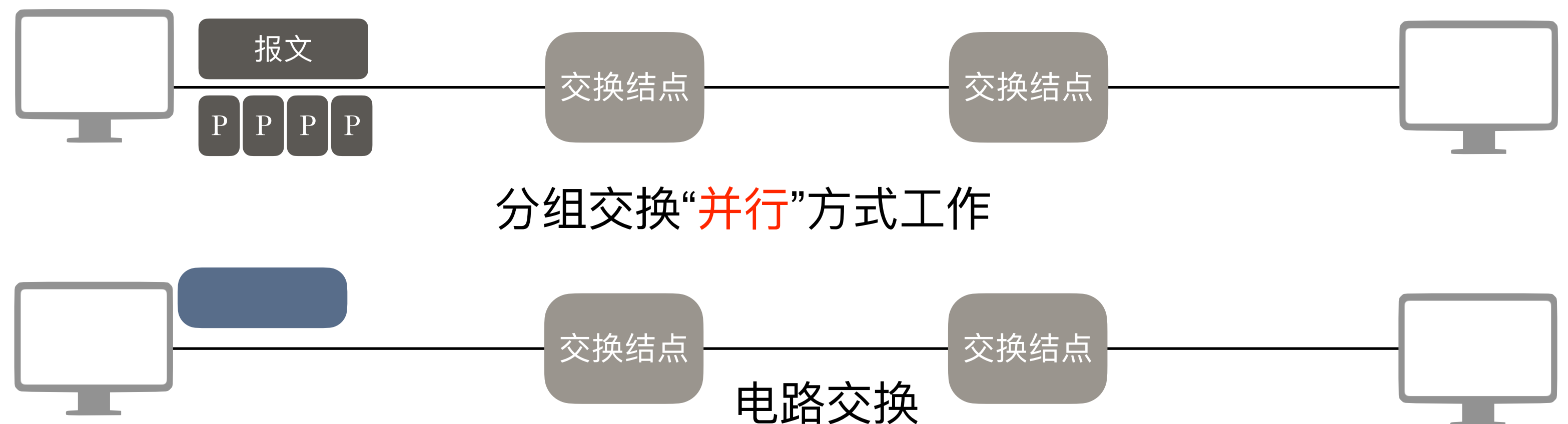
- 计算机网络概述
- 报文交换
- 三种交换比较
- 关键人物



三种交换的比较

- 计算机网络概述
- 报文交换
- 三种交换比较
- 关键人物

- 若要连续**传送大量的数据**，且其**传送时间远大于连接建立时间**，则电路交换的传输速率较快。
- 报文交换和分组交换**不需要预先分配传输带宽**，在**传送突发数据**时可提高整个网络的信道利用率。
- 由于一个分组的长度远小于整个报文的长度，因此分组交换比报文交换的**时延小**，同时也具有更好的灵活性。



关键人物简介

- 计算机网络概述
 - 报文交换
 - 三种交换比较
 - 关键人物

1964 年美国兰德公司
科学家保罗·巴兰 (P. Baran)
提出了存储转发概念



分组交换理论与技术主要创始人
雷纳德·克兰罗克博士 (L.Kleinrock)



1966 年英国学者
唐纳德·戴维斯 (D. Davies)
提出了分组的概念

小结

- 计算机网络概述
 - 报文交换
 - 三种交换比较
 - 关键人物

- 报文交换的优缺点：
 - 优点：无需建立连接、线路利用率高；
 - 缺点：时延长、只适合数字信号、中间结点存储空间大。
- 三种交换的比较。

计算机网络（简称为网络）的概念

- 计算机网络概述
- 何为计算机网络
 - 网络的定义
 - 网络的功能
 - 网络的分类

- 计算机网络定义：
 - 利用通信设备和线路将地理位置不同的、功能独立的多个计算机系统连接起来，在功能完善的网络软件和协议管理下，实现网络端系统的硬件、软件资源共享和信息传递的系统；
 - 由结点（node）和链路（link）组成。

简单来说，计算机网络即连接两台或多台计算机进行通信的系统，实现信息共享、硬件共享。

计算机网络：三个要点

- 计算机网络概述
- 何为计算机网络
 - 网络的定义
 - 网络的功能
 - 网络的分类

- 三个要点：
 - 必须有两台或两台以上、具有独立功能的计算机自治系统相互连接起来，以达到资源共享的目的；
 - 必须要有一条通道（有形或无形的），来使计算机之间交换信息；
 - 必须要遵守某种约定或规则才能实现信息交换。
- 自治系统：自治自理，自主决定何时发送数据。
- 注意：网络连接的端系统不限于计算机，而是包含了各类智能设备。

计算机网络的功能

- 计算机网络概述
- 何为计算机网络
 - 网络的定义
 - 网络的功能
 - 网络的分类

- **数字化**，技术的发展，可将世界存储到计算机中，这就是数字化。
- **信息化**，数字化的世界，为人们的生活、工作、学习辅助决策等相关的各种行为带来巨大影响，提高了行为的效率，这就是信息化。
- **网络化**，实现数字化、信息化共享。

- **分布式处理**：同一任务可由多台计算机共同完成（部分工作）。
- **负载均衡**：同一工作任务由多台计算机轮流或同时完成。
- **大数据**：常规方法无法处理，不用随机分析法（抽样调查）这样捷径，而采用所有数据进行分析处理。

计算机网络分类

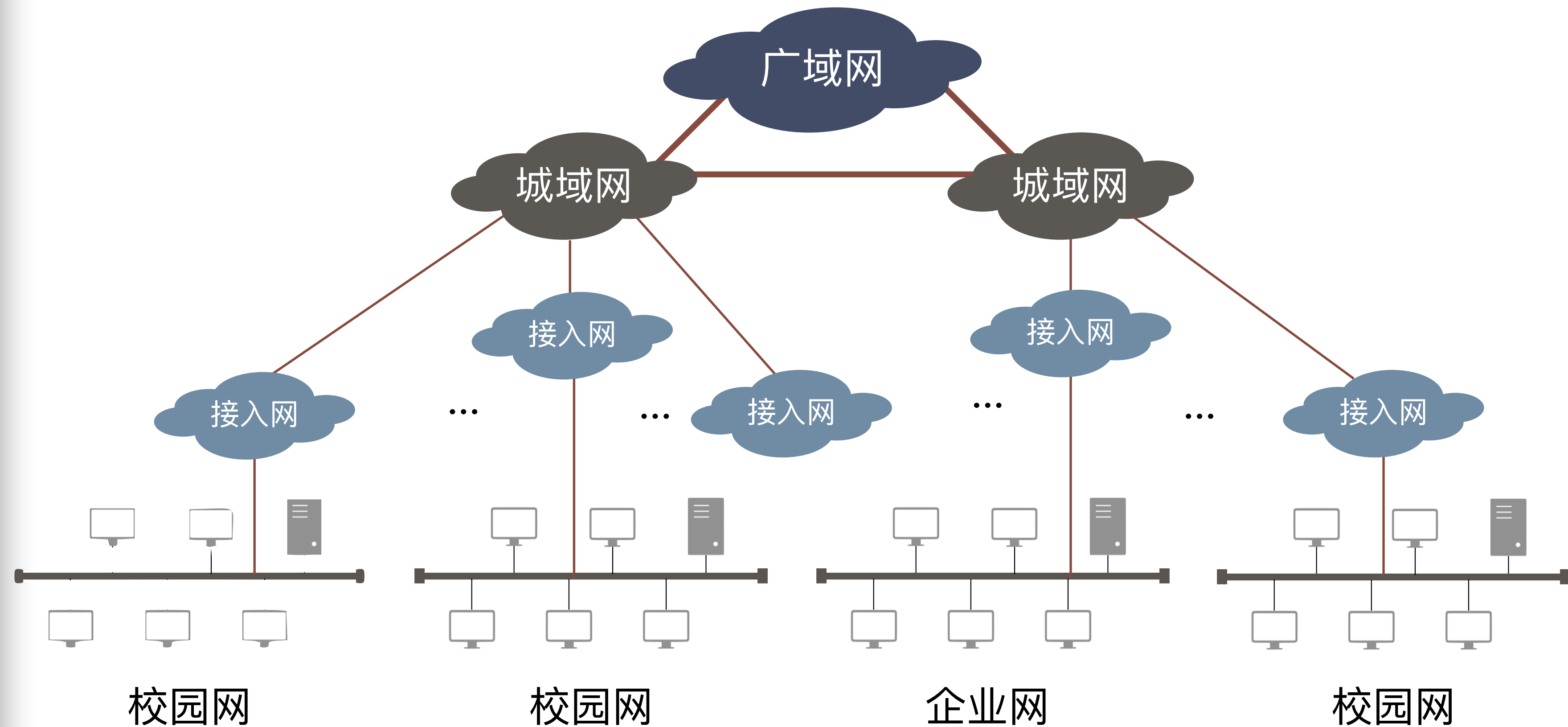
- 计算机网络概述
 - 何为计算机网络
 - 网络的定义
 - 网络的功能
 - 网络的分类

分类方法	详细描述				
作用范围	广域网LAN (几十到几千公里)	局域网LAN (5~50公里)	城域网MAN	个人区域网PAN	
使用者	公众网： 缴费使用		专用网： 特殊需求的网络		
工作方式	通讯子网	资源子网	接入网		
拓扑结构	总线型	星型	环型	树型	网状
交换方式	电路交换	报文交换	分组交换		

接入网： 用于将用户接入互联网络， 用户与互联网的桥梁

计算机网络分类

- 计算机网络概述
- 何为计算机网络
 - 网络的定义
 - 网络的功能
 - 网络的分类



计算机网络：局域网与广域网的区别

- 计算机网络概述
- 何为计算机网络
 - 网络的定义
 - 网络的功能
 - 网络的分类

- 局域网和广域网在结构上和传输方式上有很大的不同，局域网可以广播，广域网上不能广播。局域网拥有者只有一个（同构），广域网很多网络构成，多个拥有者（一般两个以上路由器相连），同一单位内部的两个网络用路由器相连。

- 不能简单以距离来区分：
 - 局域网：采用局域网技术的网络；
 - 广域网：采用广域网技术的网络；
 - 邻居间通过不同ISP连接网络后通信，距离很近，但是是广域网
 - 若邻居间直接通过wifi或网线相连，局域网。

小结

- 计算机网络概述
- 何为计算机网络
 - 网络的定义
 - 网络的功能
 - 网络的分类

- 计算机网络的概念：
 - 三个要点：二台以上、链路、协议。
- 计算机网络的功能：
 - 数字化、信息化、网络化；
 - 分布式处理、负载均衡、大数据、协同工作、区块链。
- 计算机网络的分类：
 - 作用范围；
 - 使用者；
 - 工作方式；
 - 拓扑结构；
 - 交换方式。

计算机网络：性能指标

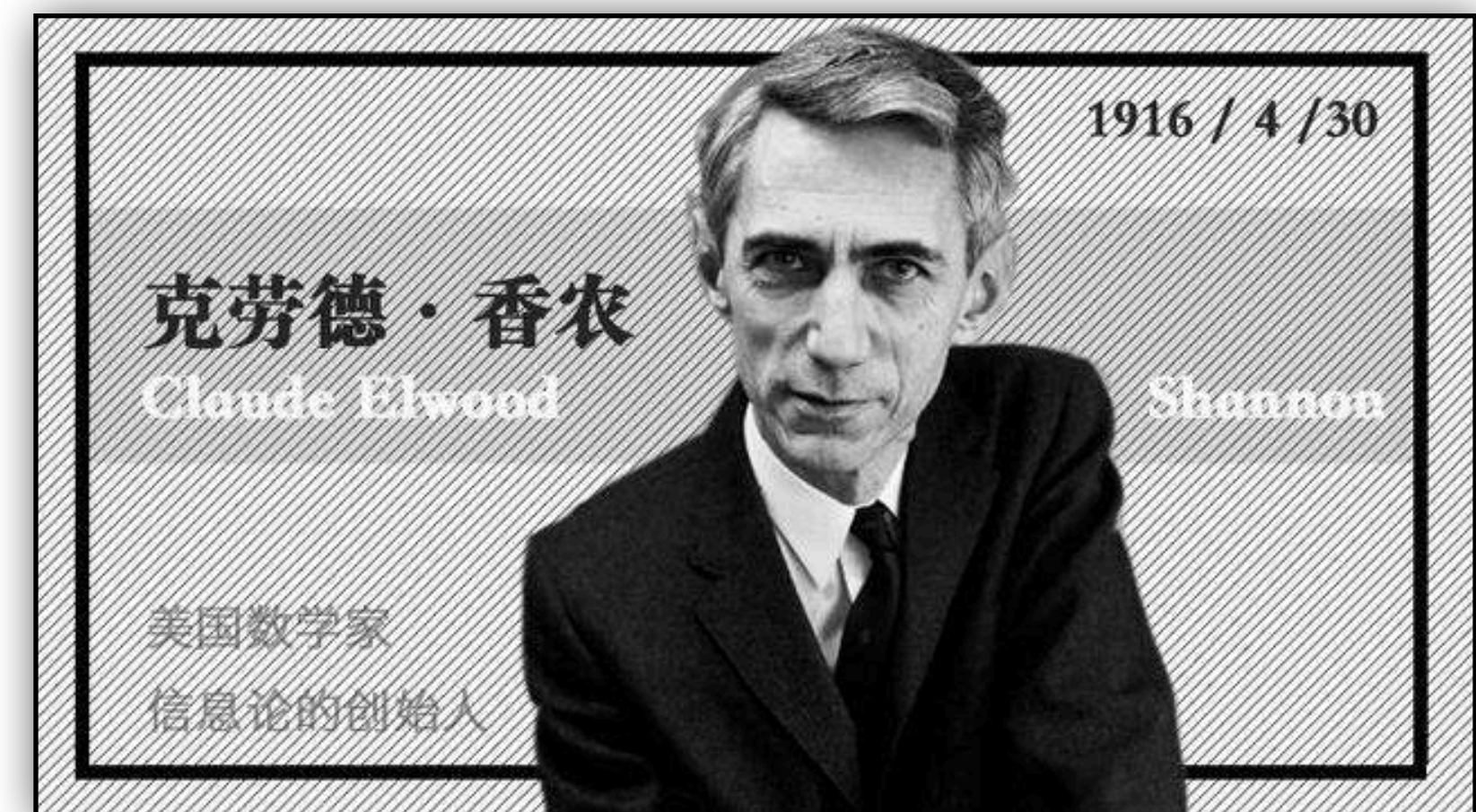
- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标



计算机网络性能指标：比特概念

- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标

- 香农1948年的论文《通信的数学理论》中第一次出现“比特”。在香农的理论中，比特成为信息的基本单位。回答一个是/否问需要 1 比特信息。
- 比特 (bit) 也是计算机中数据量的单位。比特来源于 binary digit,
- 表示一个“二进制数字”，因此一个比特表示二进制数字中的 1 或 0。



性能指标：速率

- 计算机网络概述
- 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
- 非性能指标

- 速率是计算机网络中最重要的一个性能指标，指的是数据的传送速率，它也称为数据率 (data rate) 或比特率 (bit rate)。
- 速率往往是指额定速率或标称速率，非实际运行速率。

- 速率的单位：
 - bit/s（基本单位），或 Kbit/s、Mbit/s、Gbit/s 等 (bps)；
 - 例如 4×10^{10} bit/s 的数据率就记为 40 Gbit/s（乘 10^3 ）。
- 注意与存储容量的区别（乘 2^{10} ）：
 - Byte(字节，基本单位)、KByte(KB)、MByte(MB)、GByte(GB)，1 Byte = 8 bit。

性能指标：带宽两种不同意义

- 计算机网络概述
- 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
- 非性能指标

- “带宽”(bandwidth) 是指信号具有的频率成分范围。也可表示为信道的频带宽度（允许通过的最高频率成分与最低频率成分之差），其单位是赫（或千赫、兆赫、吉赫等）。
- 例如：人耳可辨别的声音约在16~20000Hz之间，但只要保留300~3400Hz这段范围内的声音，仍能清晰辨别话音信号。故电话信道的带宽为 $3400 - 300 = 3100\text{Hz}$ 。

性能指标：带宽两种不同意义

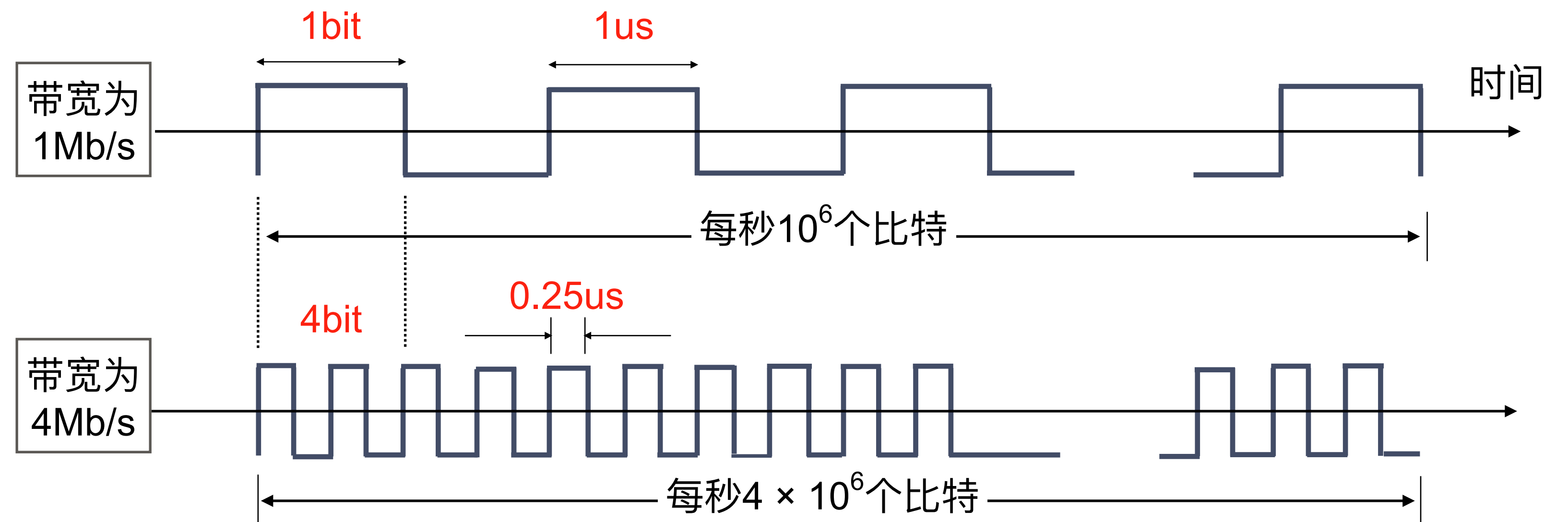
- 计算机网络概述
- 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
- 非性能指标

- 计算机网络中，带宽用来表示网络中某通道传送数据的能力。表示在单位时间内网络中的某信道所能通过的“最高数据率”（bit/s）。
 - 例如：计算机100Mbps接入网络，指的是计算机能以100Mbps速率向信道注入bit流。

- 其实就是“带宽”的两种表述，前者为频域称谓，而后者为时域称谓，本质是相同的。
 - 一条通信链路的“带宽”越宽，所能传输的“最高数据率”也越高。

性能指标：带宽

- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - **网络带宽**
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标



在**时间轴**上信号的宽度随带宽的增大而变窄

性能指标：吞吐量

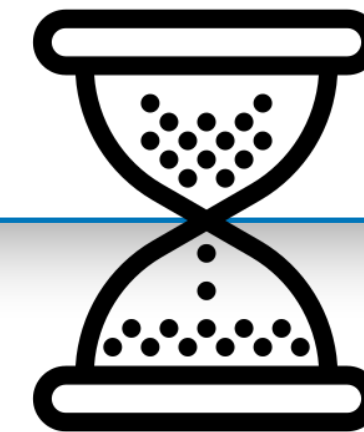
- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标

- 例：港口吞吐量（Port handling capacity）：
 - 是指一年内经由水运输出、输入港区并经过装卸作业的货物总量。
 - 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：
 - 吞吐量用来测量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。

性能指标：时延

- 计算机网络概述
- 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
- 非性能指标

- 时延 (delay 或 latency) 是指数据（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。有时也称为延迟或迟延。
- 网络中的时延由以下几个不同的部分组成：
 - 发送时延；
 - 传播时延；
 - 处理时延；
 - 排队时延。



时延：发送时延

- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标

- 也称为传输时延。发送数据时，数据帧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。

$$D_{trans} = \frac{L_{data}}{S_{trans}}$$

- 例1：100个小学生放学排队离开学校，每个学生离开校门需要1秒的时间。100名学生离开校门所需要时间为：100 / 1 = 100秒。
- 例2：整列火车离开站台所需要的时间等等；同学们离开教室的时间。

时延：传播时延

- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标

- 电磁波在信道中需要传播一定的距离而花费的时间。
- 信号发送速率和信号在信道上的传播速率是完全不同的概念。
- 传播速率：信号在信道（铜缆）上“跑”的速度（约为光速的60%～80%），速度不变（约200m/us）。

$$D_{Prop} = \frac{L_{channel}}{S_{signal}}$$

- 例1：假设某人以固定5米/秒的速度跑100米，从起点跑到终点所需的时间为20秒。

时延：处理时延和排队时延

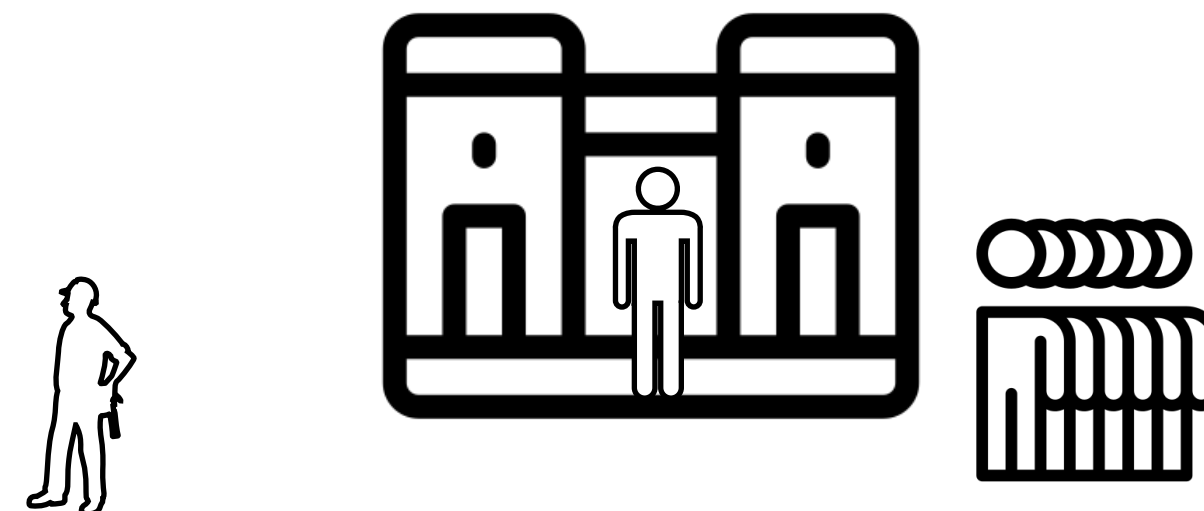
- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标

- 处理时延：

- 主机或路由器在收到分组时，为处理分组（例如分析首部、提取数据、差错检验或查找路由）所花费的时间。

- 排队时延：

- 分组在路由器输入输出队列中排队等待处理所经历的时延；
 - 排队时延的长短往往取决于网络中当时的通信量。



总时延： 总时延

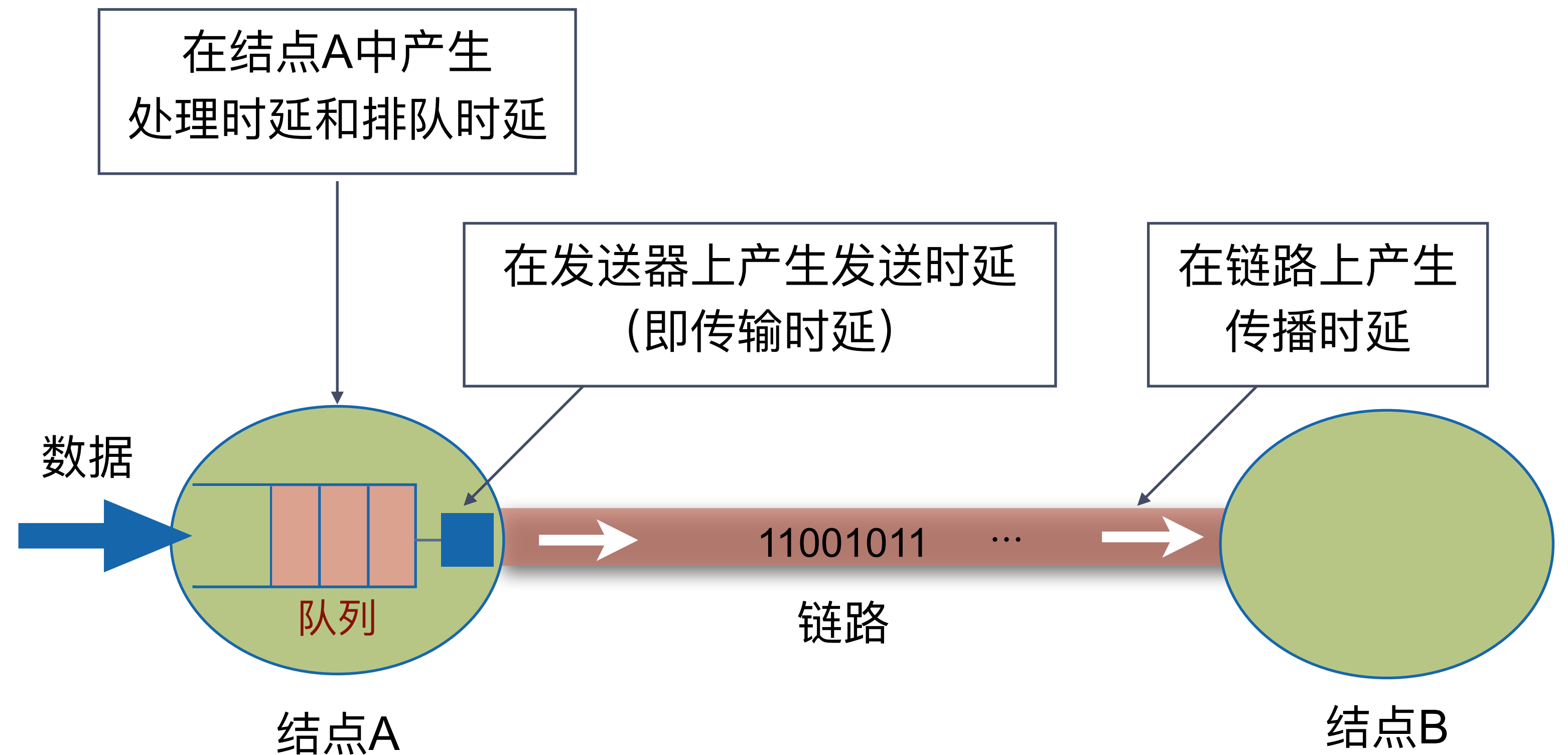
- 计算机网络概述
- 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
- 非性能指标

- 数据在网络中经历的**总时延**就是发送时延、传播时延、处理时延和排队时延之和。
- **必须指出**，在总时延中，究竟是哪一种时延占主导地位，必须具体分析。

$$D_{sum} = D_{trans} + D_{prop} + D_{proce} + D_{queue}$$

时延：几种产生时延的地方

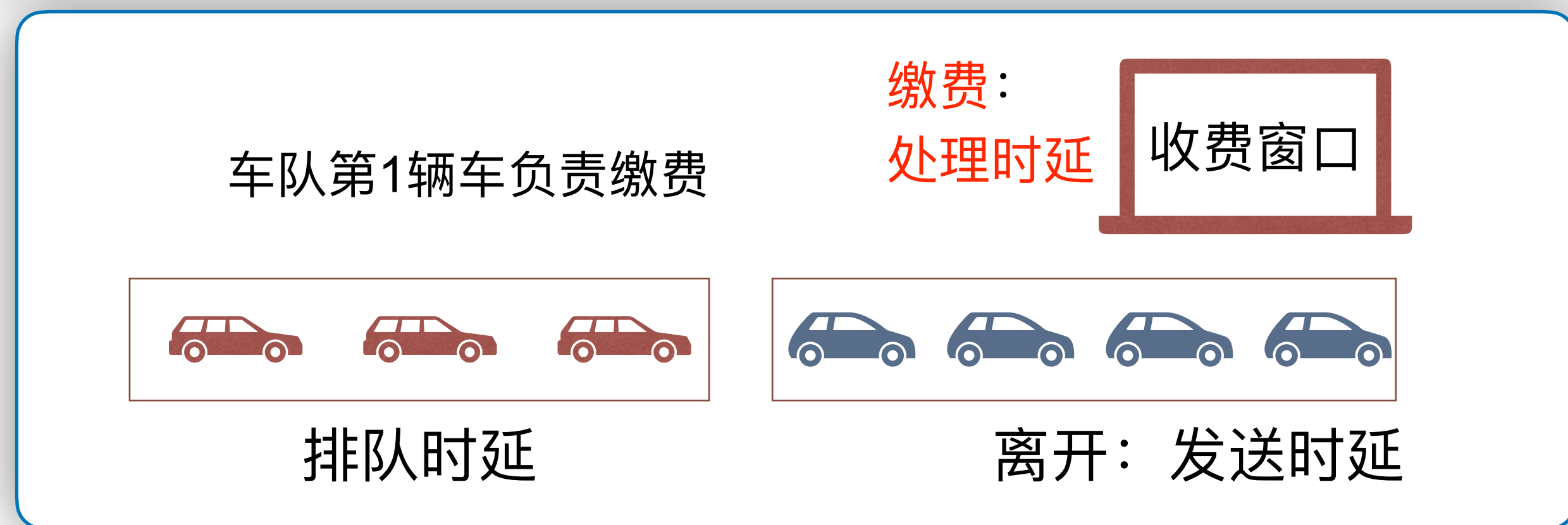
- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - **网络时延**
 - 利用率
 - 非性能指标



时延：例如高速公路收费站

- 计算机网络概述
- 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标

- 对于高速网络链路，我们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。



- 以下说法是错误的：
 - “在高速链路（或高带宽链路）上，比特会传送得更快些”。

时延带宽积

- 计算机网络概述
- 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
- 非性能指标

- 链路的时延带宽积又称为以比特为单位的链路长度：
 - 即某段链路中现在有多少比特；
 - 只有在代表链路的管道都充满比特时，链路才得到了充分利用。



往返时延RTT

- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标

- 互联网上的信息不仅仅单方向传输，而是双向交互的。因此，有时很需要知道双向交互一次所需的时间：
 - 往返时间表示从发送方发送数据开始，到发送方收到来自接收方的确认，总共经历的时间；
 - 在互联网中，往返时间包括往返传播时延、各中间结点的处理时延、排队时延以及转发数据时的发送时延。

利用率

- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标

利
用
率

$$\text{信道利用率} = \frac{\text{有数据通过的时间}}{(\text{有} + \text{无}) \text{ 数据通过的时间}}$$

网络利用率：信道利用率的加权平均

信道利用率并非越高越好。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。

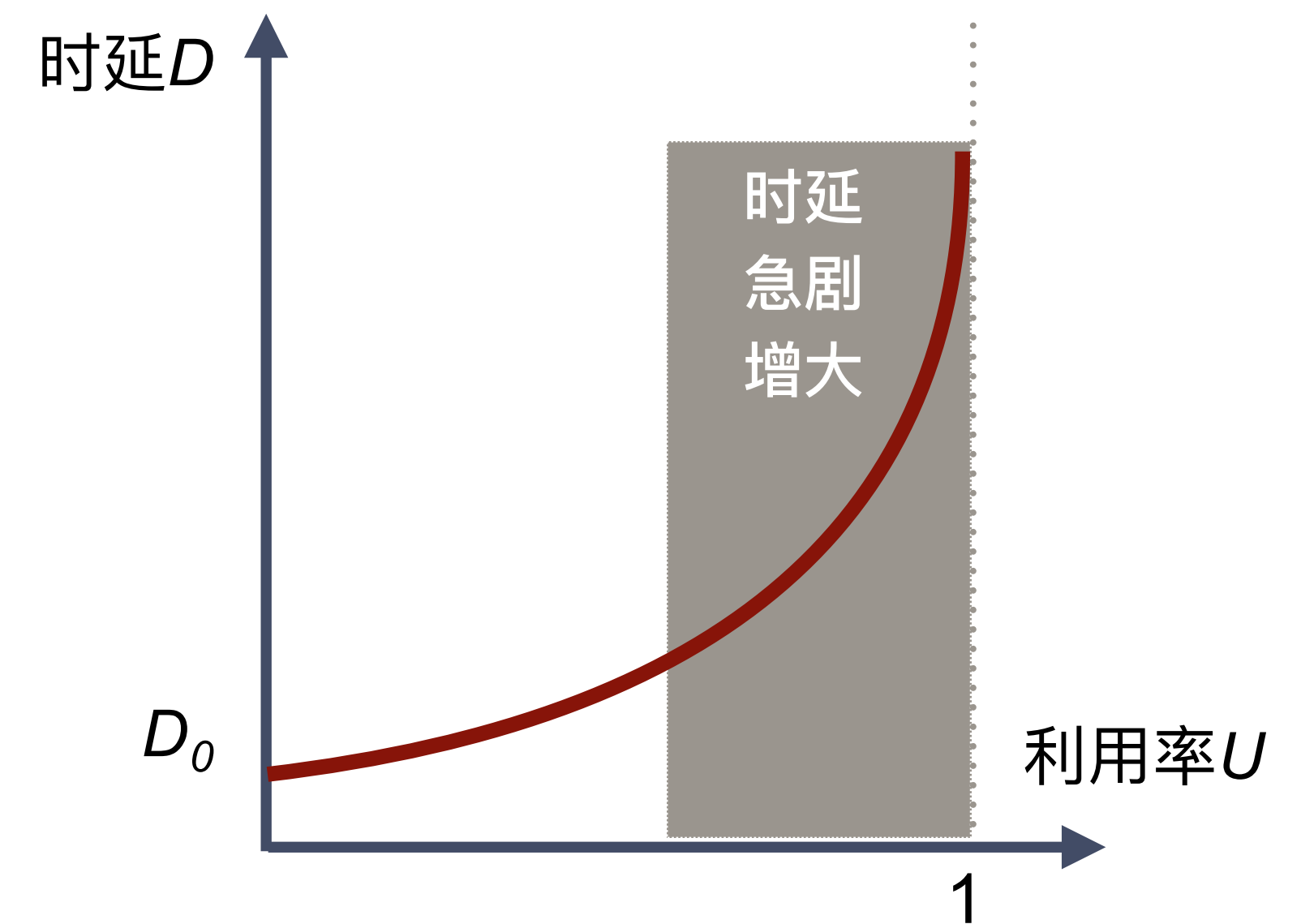
利用率

- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - **利用率**
 - 非性能指标

- 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**：

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

其中： U 是网络的利用率，数值在 0 到 1 之间。



其他性能指标

- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标

费用

可靠性

质量

可扩展性和可升级性

标准化

易于管理和维护

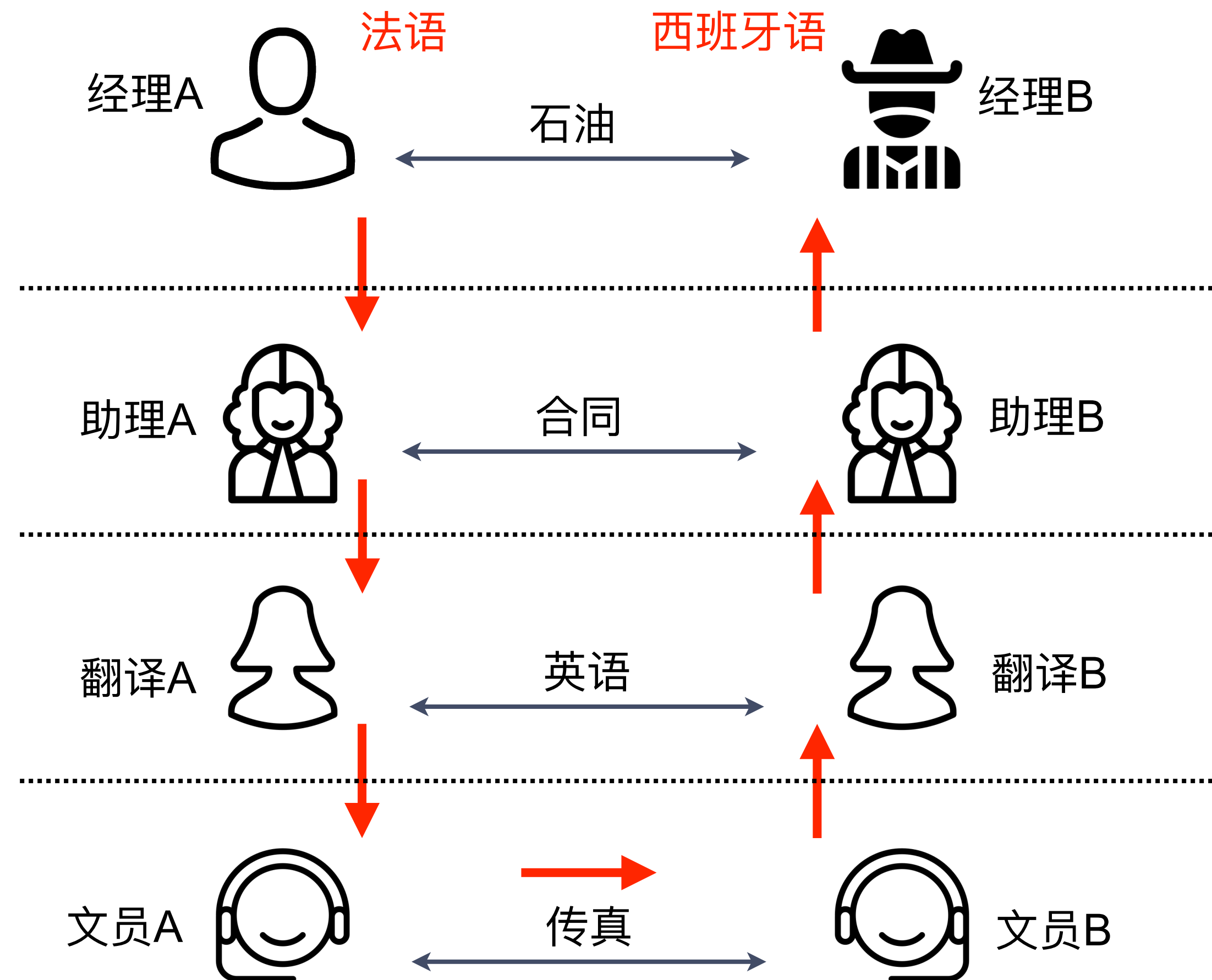
小结

- 计算机网络概述
 - 网络性能指标
 - 信息的度量
 - 网络速率
 - 网络带宽
 - 网络吞吐量
 - 网络时延
 - 利用率
 - 非性能指标

性能指标	
带宽	有两种含义：频率成分之差、数据传输速率
速率	数据传输速率
吞吐量	单位时间内通过网络、信道或接口的数据量
时延	发送时延、处理时延、排队时延、传播时延
往返时延	发送数据开始到收到确认的时间
时延带宽积	传播时延 × 带宽
利用率	信道利用率、网络利用率

计算机网络体系结构：为什么要分层

- 计算机网络概述
 - 网络体系结构
 - 分层的概念
 - 各层的功能
 - 分层的优缺点
- 协议的概念
 - 协议三要素



计算机网络体系结构：为什么要分层

- 计算机网络概述
- 网络体系结构
 - 分层的概念
 - 各层的功能
 - 分层的优缺点
- 协议的概念
- 协议三要素

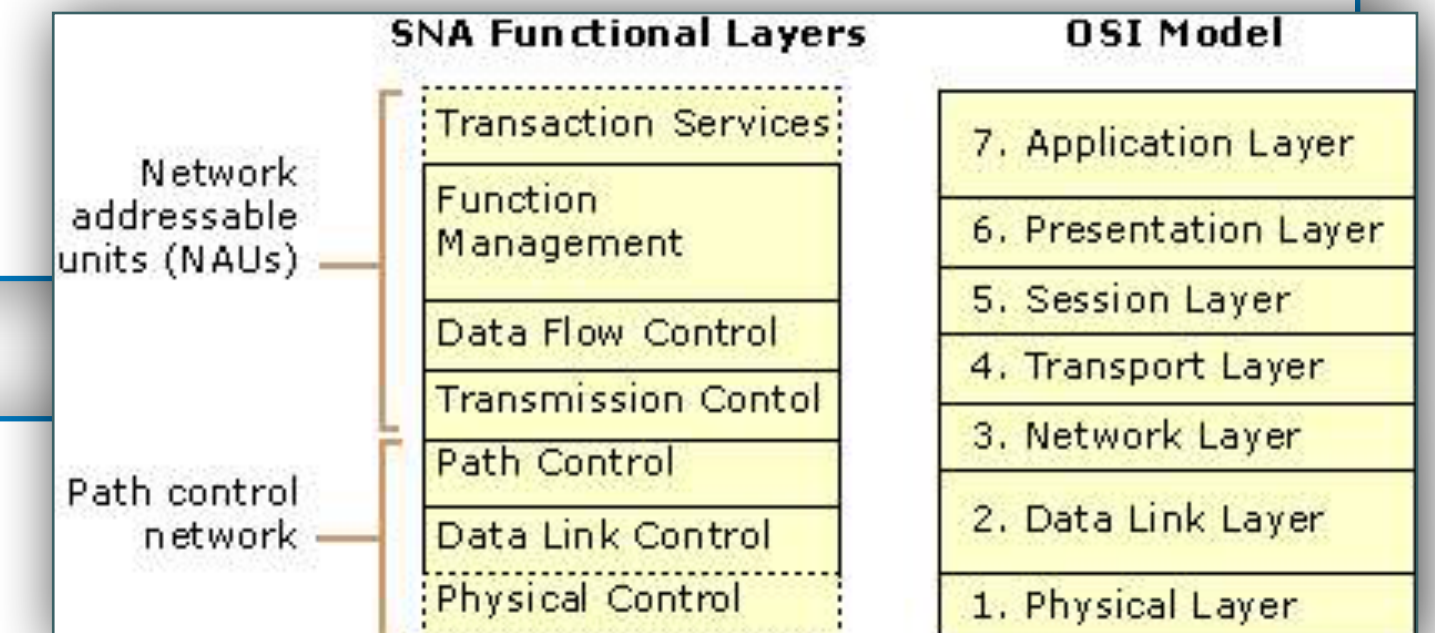
- 计算机网络是个非常复杂的系统：
 - 相互通信的两个计算机系统必须高度协调工作才行，而这种“协调”是相当复杂的；
 - “分层”可将庞大而复杂的问题，转化为若干较小的局部问题，而这些较小的局部问题就比较易于研究和处理。

- 按功能进行抽象分层：
 - 定义层间接口和提供什么服务，层间如何调用服务；
 - 对等层间的必须遵循的规则（协议）。

计算机网络的体系结构的形成

- 计算机网络概述
- 网络体系结构
 - 分层的概念
 - 各层的功能
 - 分层的优缺点
- 协议的概念
- 协议三要素

- 厂商标准（相同厂商的产品可以互联）：
 - 1974年，IBM公司的SNA（系统网络体系结构，面向集中型网络）；
 - 1975年，DEC公司的DNA（数字网络体系结构，面向分布型网络）；
 - Univac公司 DCA（数据通信体系结构）；
 - Burroughs公司 BNA（宝来网络体系结构）。



两种标准：

- 1983，Internet采用TCP/IP协议集（事实标准）。
- 1984年，ISO-OSI/RM，开放系统互联参考模型（国际标准）：
 - 糟糕的技术（模型和协议都有缺陷）
 - 糟糕的策略（政府和组织的官僚）
 - 糟糕的时机（太晚）
 - 糟糕的实现（庞大，笨拙，缓慢）

由于网络体系结构的不同，不同公司的设备很难互相连通。

协议与划分层次

- 计算机网络概述
- 网络体系结构
 - 分层的概念
 - 协议的概念
 - 协议三要素
 - 各层的功能
 - 分层的优缺点

- 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**。

- **例如**：
 - 传统教学遵循的教学秩序；
 - 人类社会生活遵循的法律法规；
 - 国际关系的基本准则；
 - 人与人之间交流的基本礼仪等。

网络协议（计算机网络的不可缺少的组成部分）的三个组成要素

- **语法**：数据与控制信息的结构或格式，解决**交换信息的格式**问题。
- **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。**解决做什么**的问题。
- **同步**：事件实现顺序的详细说明。什么时间什么条件下做某一特定操作的规定，解决**先做什么后做什么**的问题。
- 注意很多条件是不可预测的，不可能有十全十美的协议。

- **例如课堂上课：**

- 语法：中文授课，教师与学生按中文语法结构交换信息
- 语义：交换的信息中各字段的含义
- 同步：教师讲，学生听；教师问，学生答；学生问教师答。

什么时间，什么形式
做什么固定操作

协议的两种形式

- 计算机网络概述
 - 网络体系结构
 - 分层的概念
 - 协议的概念
 - 协议三要素
 - 协议的形式
 - 各层的功能
 - 分层的优缺点

- 一种是使用便于人来阅读和理解的文字描述。
- 另一种是使用让计算机能够理解的程序代码。
- 这两种不同形式的协议都必须能够对网络上信息交换过程做出精确的解释。

分层的原则

- 计算机网络概述
- 网络体系结构
 - 分层的概念
 - 协议的概念
 - 协议三要素
 - 协议的形式
 - 分层的原则
 - 分层的优缺点

层次适度	层次少，层次功能多，实现困难；层次多，层次功能少，开销大	
功能确定	每个层次有自己的分工，并且有确定的方式完成这些工作	
层次独立	每个层次的工作，不影响其他层次，层次变化也不影响其他层次	
层次关联	相邻层次间存在一种工作上的联系	
层次分合	层次按实际需求划分，可以合并，分解，也可以取消	
层次对等	双方要有完成相同功能的对等层次	两个系统间通信需要满足的条件
层次协议	对等层次要遵守一系列共同的规约（协议）	
层次接口	相邻层次间通过接口交互信息	

分层的优点与缺点

- 计算机网络概述
- 网络体系结构
 - 分层的概念
 - 协议的概念
 - 协议三要素
 - 协议的形式
 - 分层的原则
 - 分层的优缺点

- 优点：
 - 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。

- 缺点：
 - 降低效率；
 - 有些功能会在不同的层次中重复出现，因而产生了额外开销。

各层完成的主要功能

- 计算机网络概述
 - 网络体系结构
 - 分层的概念
 - 协议的概念
 - 协议三要素
 - 协议的形式
 - 分层的原则
 - 分层的优缺点
 - 各层主要工能

- **差错控制**：使相应层次对等方的通信更加可靠。
- **流量控制**：发送端的发送速率必须使接收端来得及接收，不要太快。
- **分段和重装**：发送端将要发送的数据块划分为更小的单位，在接收端将其还原。
- **复用和分用**：发送端几个高层会话复用一条低层的连接，在接收端再进行分用。
- **连接建立和释放**：交换数据前先建立一条逻辑连接，数据传送结束后释放连接。

计算机网络体系结构

- 计算机网络概述

- 网络体系结构

- 分层的概念
- 协议的概念
- 协议三要素
- 协议的形式
- 分层的原则
- 分层的优缺点
- 各层主要工能

- 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。

小结

- 计算机网络概述
- 网络体系结构
 - 分层的概念
 - 协议的概念
 - 协议三要素
 - 协议的形式
 - 分层的原则
 - 分层的优缺点
 - 各层主要工能

- 分层的基本概念（为什么要分层、分层的原则）。
- 各层应完成的主要功能。
- 分层的优点与缺点。
- 协议的概念。
- 协议的三要素。
- 体系结构的定义。

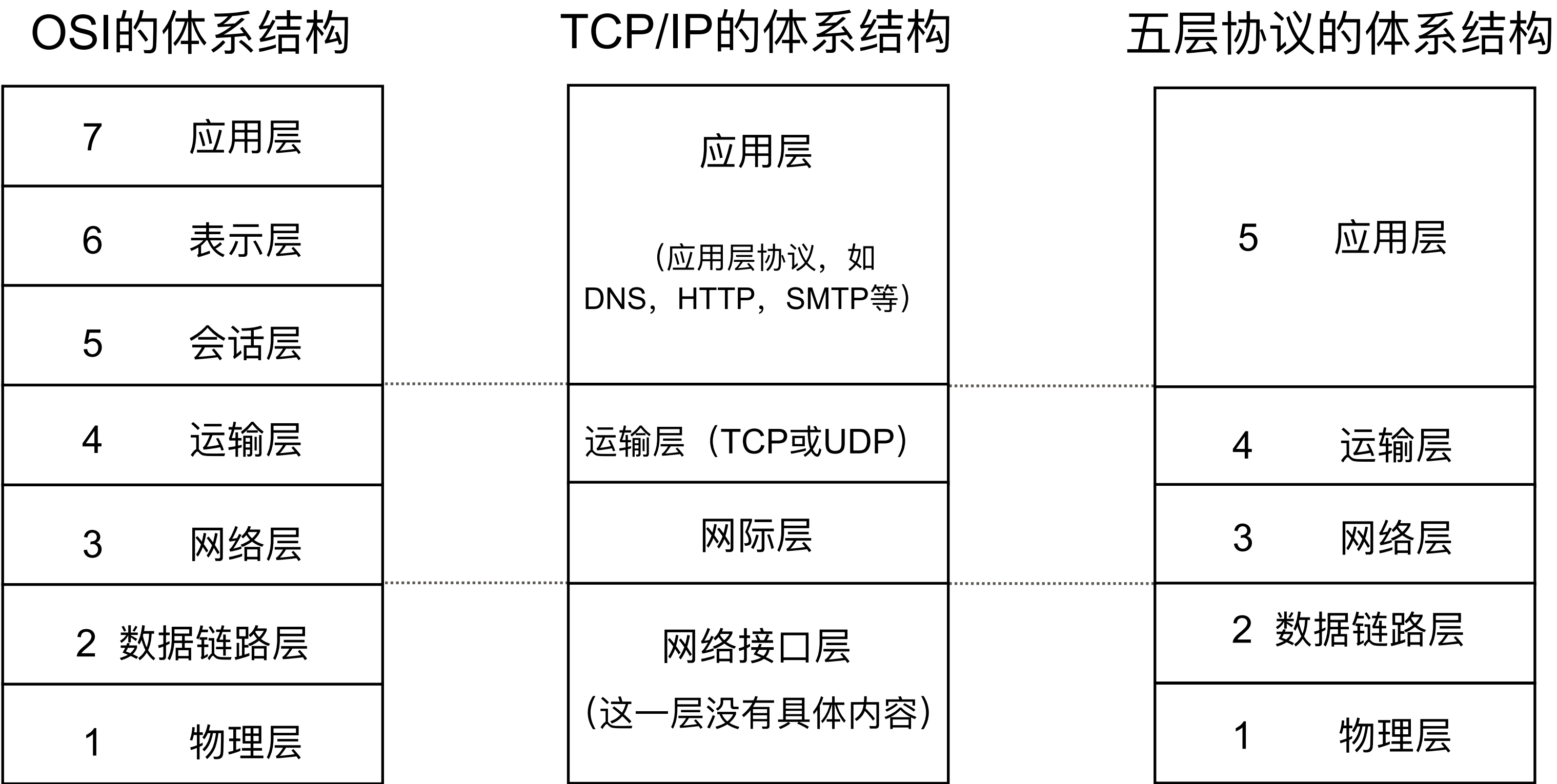
具有五层协议的体系结构

- 计算机网络概述
 - 五层体系结构
 - TCP/IP的发展
 - 协议封装的概念
 - 几个概念
 - 协议的复杂性
 - 四层体系结构

- OSI 的七层协议体系结构的概念清楚，理论也较完整，但它既复杂又不实用。
- TCP/IP 是四层体系结构：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

- 计算机网络概述
 - 五层体系结构
- TCP/IP的发展
- 协议封装的概念
- 几个概念
- 协议的复杂性
- 四层体系结构



计算机网络三类体系结构
OSI七层协议；TCP/IP四层协议；授课的五层协议

TCP/IP协议栈的发展史

- 1974年，TCP/IP协议产生并公开；
- 1980年，网络自由协议，网间开始采用TCP/IP；
- 1983年，ARPAnet接受并采用TCP/IP协议；
- 人们把1983年作为Internet的诞生时间

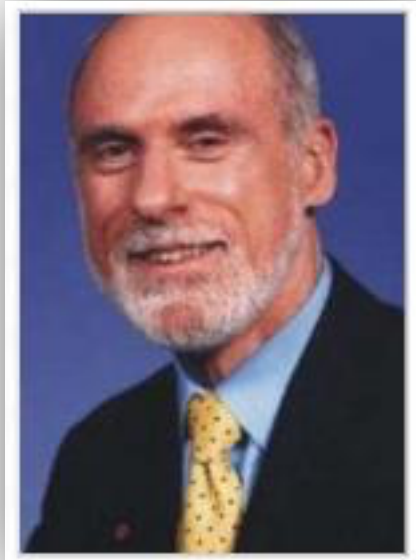
- 罗伯特卡恩：前美国总统科技顾问，同时也执行IETF的秘书处职能。
- 温顿·瑟夫：谷歌全球副总裁。

应用层	Telnet;FTP;Email;DNS
运输层	TCP;UDP
网际层	ICMP;IGMP;IP;ARP
网络接口层	设备驱动程序及接口卡

TCP/IP协议创始人



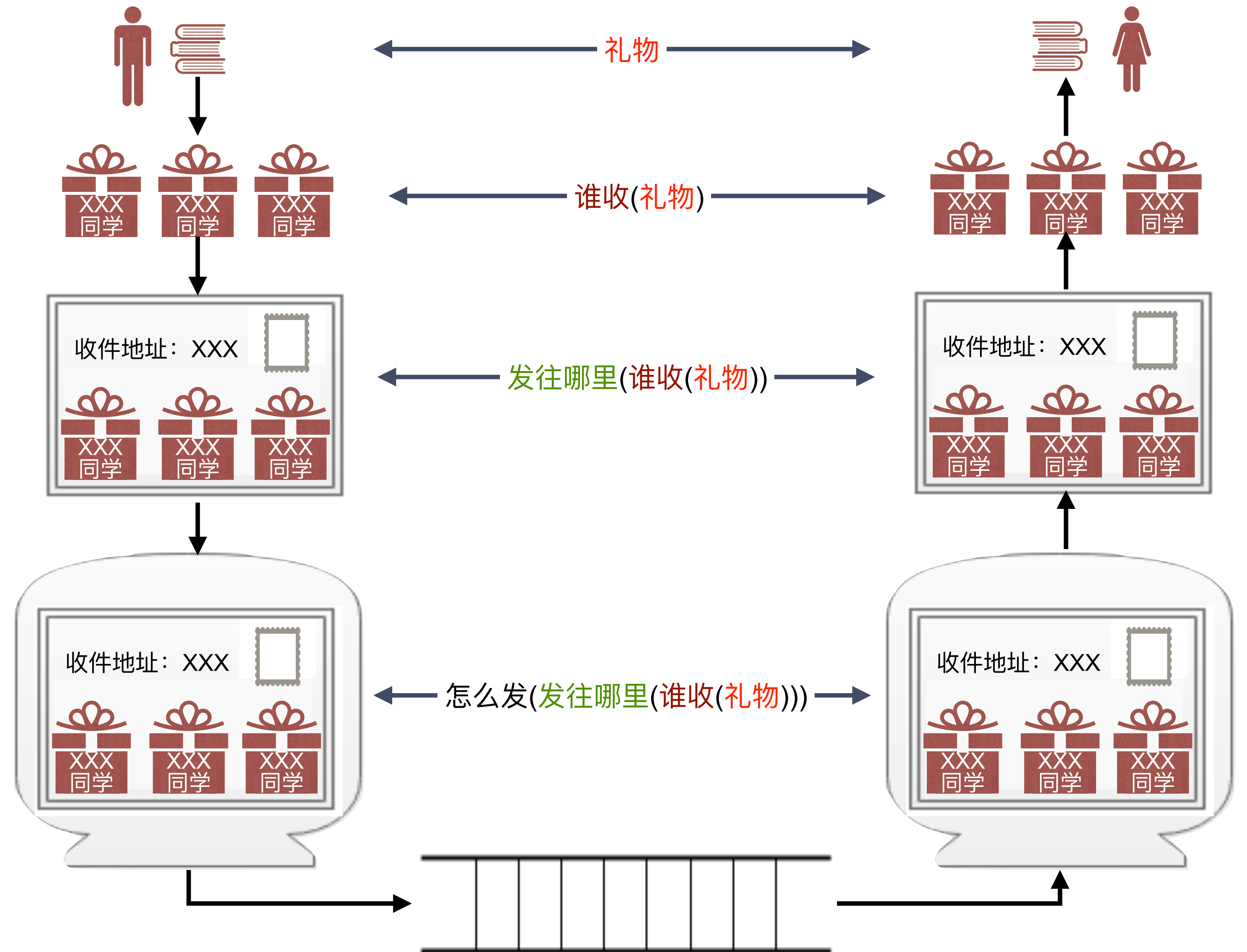
罗伯特卡恩 (Robert Elliot Kahn)



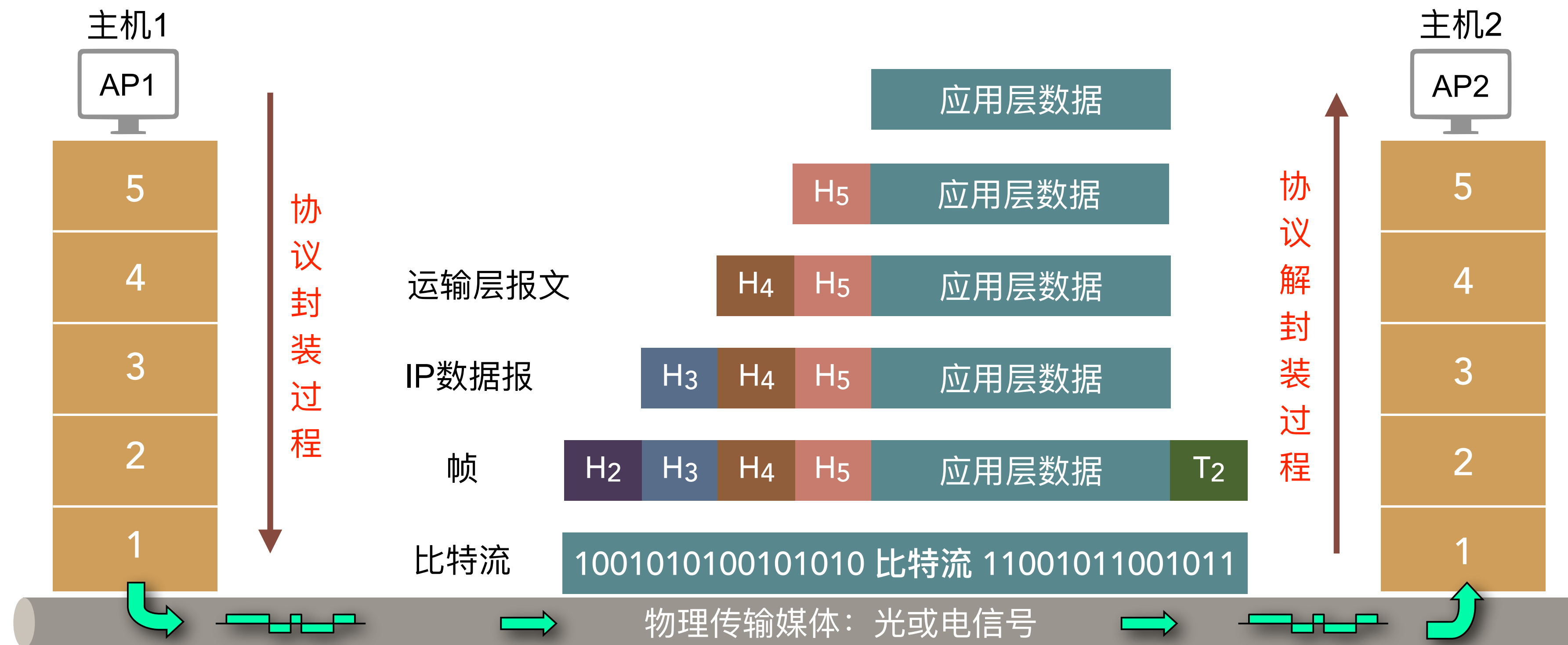
温顿·瑟夫(Vinton G. Cerf)博士

协议封装的例子

- 计算机网络概述
- 五层体系结构
- TCP/IP的发展
- 协议封装的概念
- 几个概念
- 协议的复杂性
- 四层体系结构



主机 1 向主机 2 发送数据



PDU (Protocol Data Unit): **协议数据单元**。

OSI参考模型把对等层次之间传送的数据单位称为该层的协议数据单元 PDU。

物理传输媒体可看作第0层。

实体、协议、服务和访问点

- 计算机网络概述
 - 五层体系结构
 - TCP/IP的发展
 - 协议封装的概念
 - 几个概念
 - 协议的复杂性
 - 四层体系结构

- 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（水平的）。
- 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（功能调用，垂直的，单向的）。

- 要实现本层协议，还需要使用下层所提供的服务。
- 本层的服务用户只能看见服务而无法看见下面的协议。即下面的协议对上面的服务用户是透明的。
- 上层使用服务原语获得下层所提供的服务。

服务原语

- 计算机网络概述
 - 五层体系结构
 - TCP/IP的发展
 - 协议封装的概念
- 几个概念
 - 协议的复杂性
 - 四层体系结构

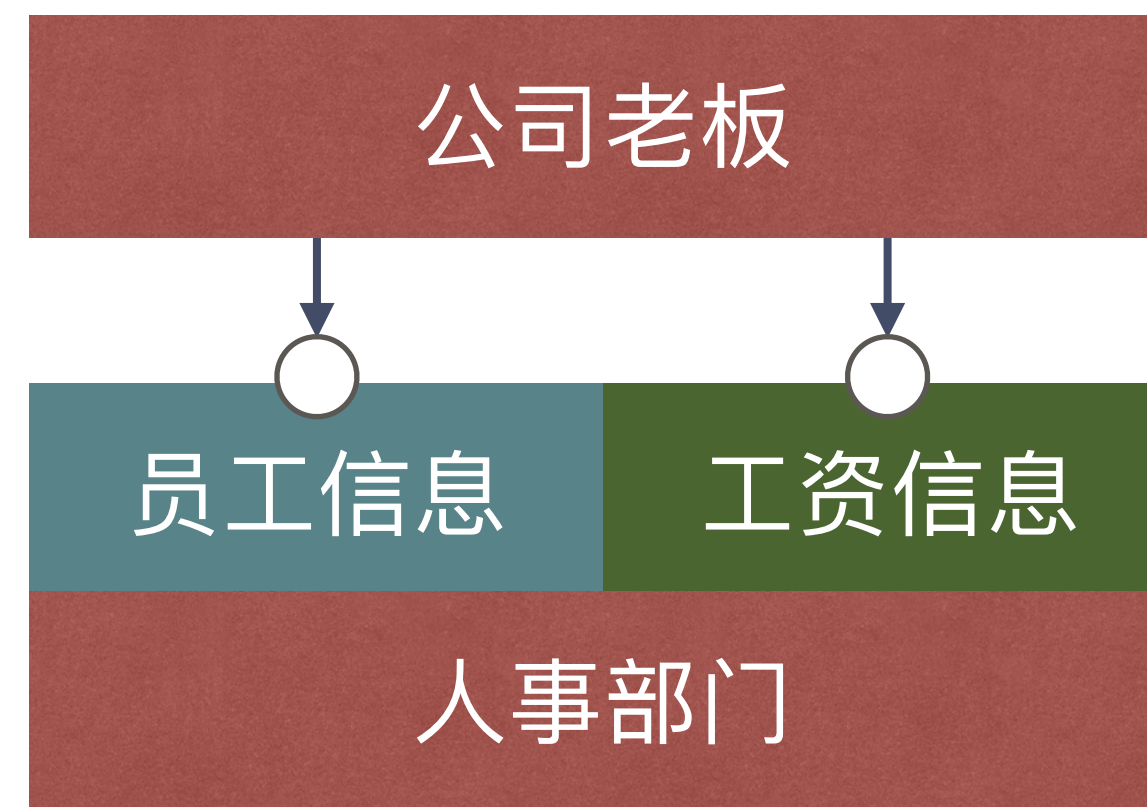
- 服务在形式上由一组接口原语（或操作）来描述的：
 - 上层实体向下层实体请求服务时，服务提供者和服务用户间需要交互一些必要的信息，以说明要求服务的一些情况，这些信息即服务原语。

服务原语	类型（ISO）	实例：A通过电信公司打电话给B
	请求（Request）	A：拨号，向服务提供方电信公司发送“请求”原语
	指示（Indication）	B：电话响了（显示对方电话号码），收到“指示”原语
	响应（Response）	B：摘机（拿起电话），发送“响应”原语
	确认（Confirm）	A：收到“确认”原语（服务提供方发送）

服务访问点SAP (SERVICE ACCESS POINT)

- 计算机网络概述
 - 五层体系结构
 - TCP/IP的发展
 - 协议封装的概念
 - 几个概念
 - 协议的复杂性
 - 四层体系结构

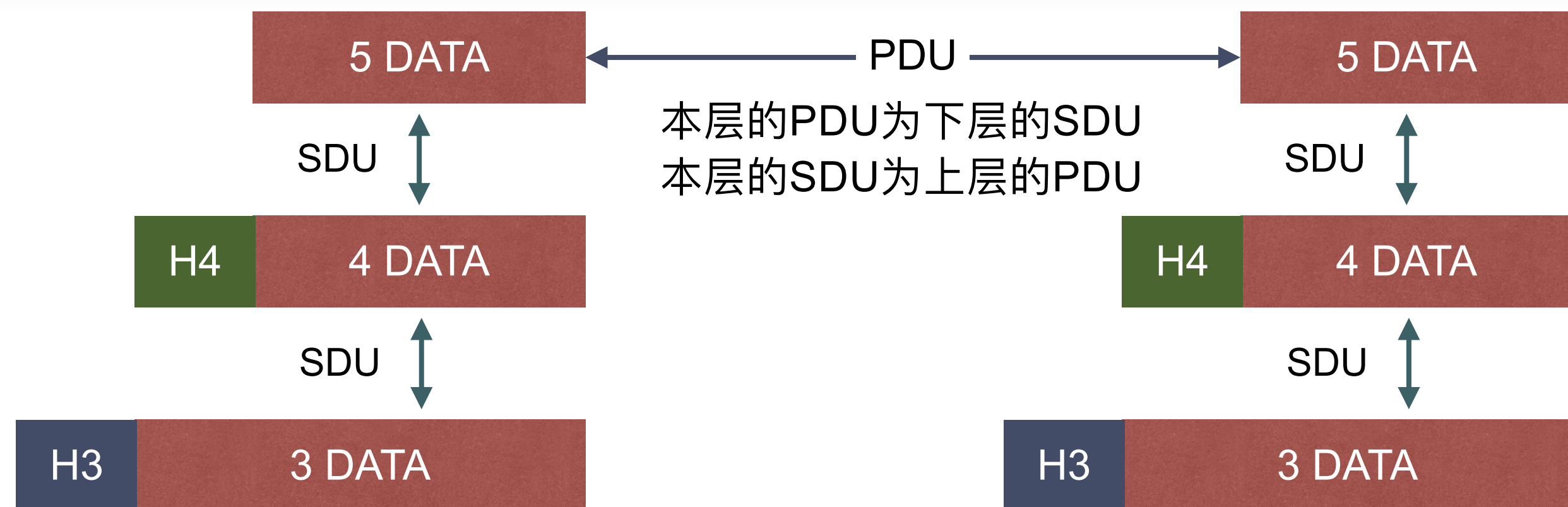
- 同一系统相邻两层的实体进行交互的地方，称为服务访问点。
- SAP是一个抽象的概念，是一个逻辑接口（下层服务的入口）。
- 服务访问点规定了上层如何调用下层提供的服务：
 - 服务的名字？
 - 参数是什么？



服务数据单元 SDU (SERVICE DATA UNIT)

- 计算机网络概述
 - 五层体系结构
 - TCP/IP的发展
 - 协议封装的概念
 - 几个概念
 - 协议的复杂性
 - 四层体系结构

- **SDU分段/装配**：如果下层通道的带宽**不能满足传递SDU的需要**，就需要将一个SDU**分成多段**，分别封装成PDU发送出去（分段）；在接收方再将这PDU解封装后重新装配成SDU。
- **SDU拼接/分离**：拼接是指在发送方层协议实体把**多个长度较短的SDU封装成一个PDU**来发送，在接收方再将接收到的PDU解封装，将多个SDU分离出来。采用拼接功能的目的是提高通道的利用率。



层与层之间交换的数据的单位称为服务数据单元 SDU (Service Data Unit)。加上本层的PCI后，构成本层PDU。

协议很复杂

- 计算机网络概述
 - 五层体系结构
 - TCP/IP的发展
 - 协议封装的概念
 - 几个概念
 - 协议的复杂性
 - 四层体系结构

- 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，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

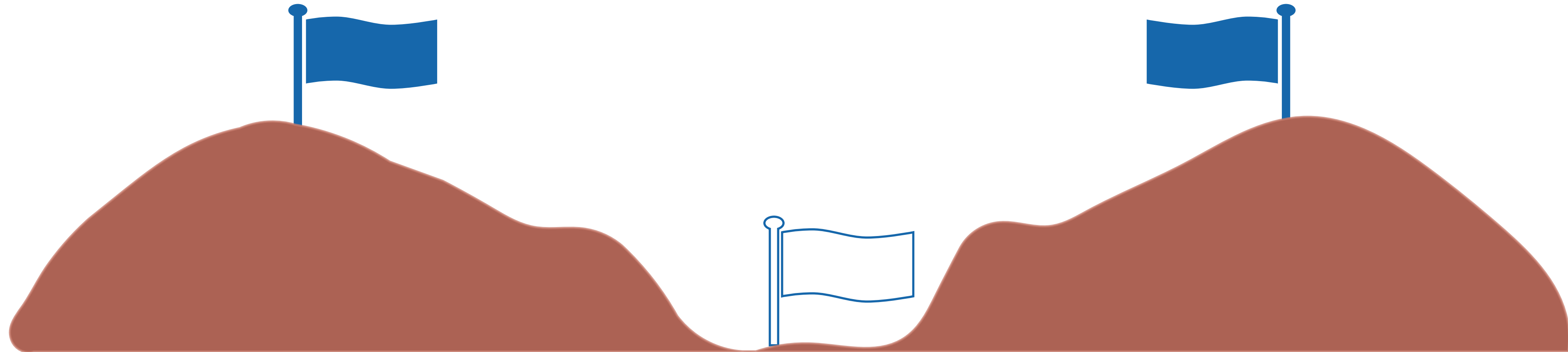
明日正午进攻，如何？

同意

收到“同意”

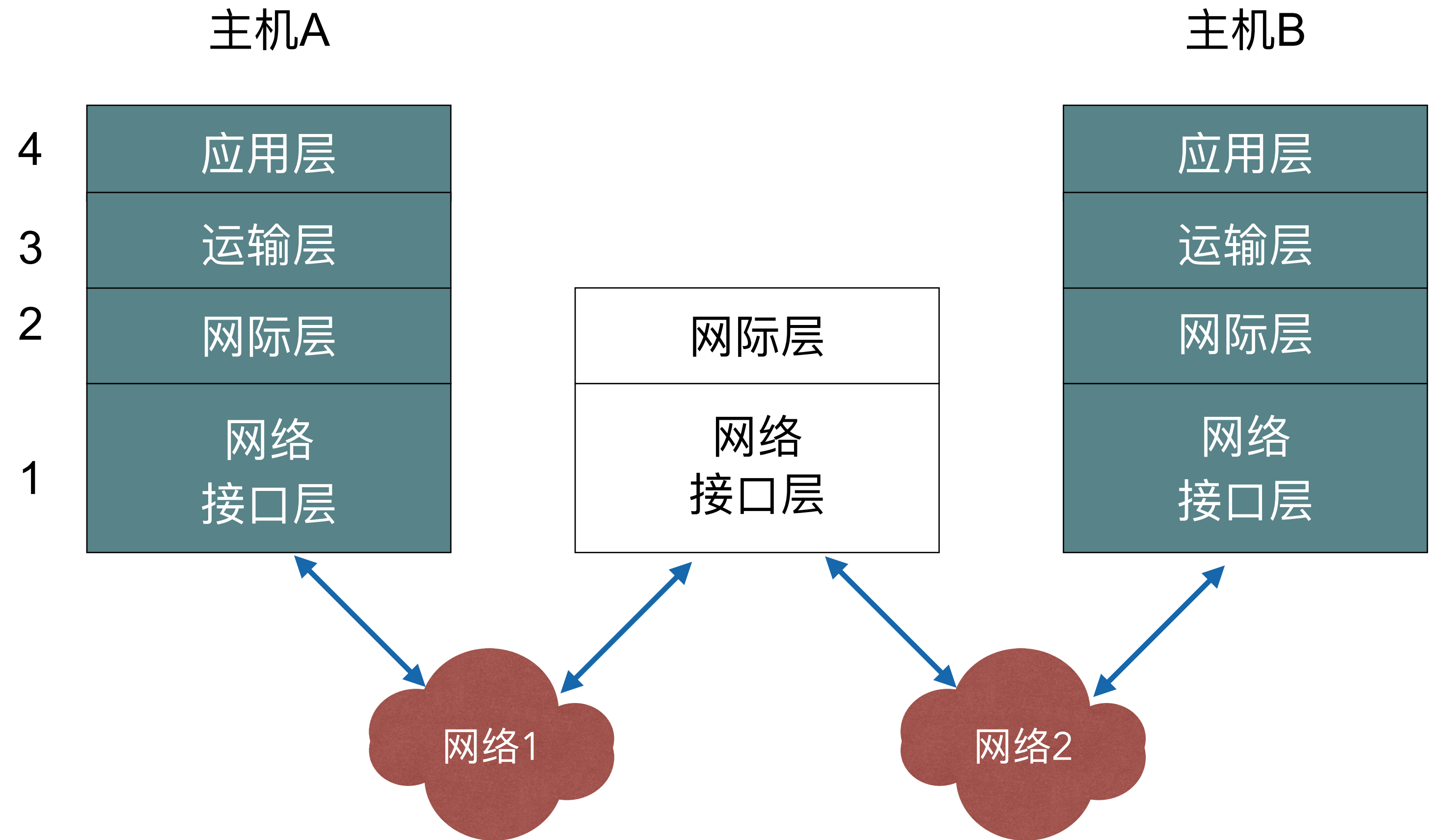
收到：同意“同意”

...



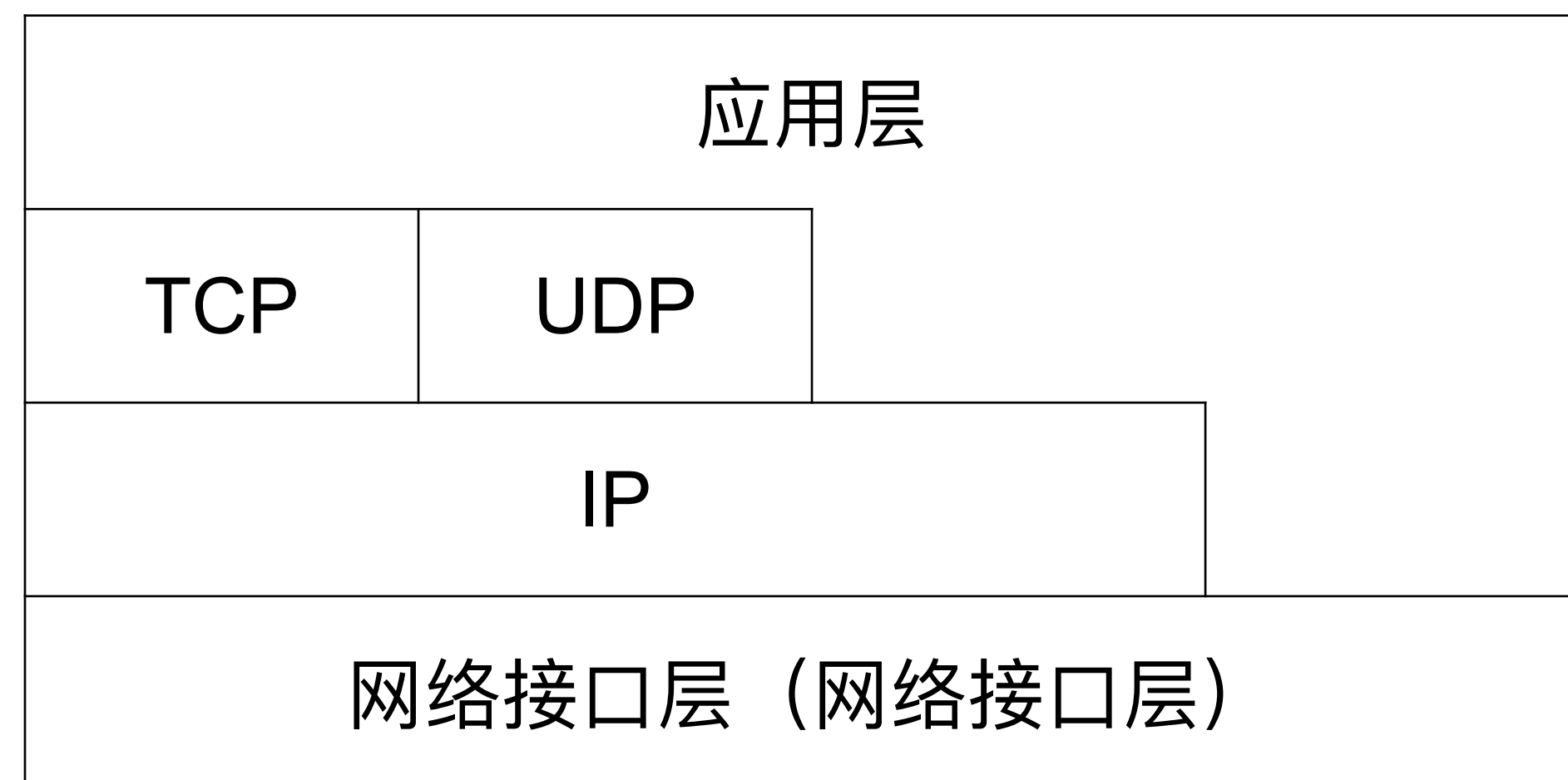
TCP/IP 的四层体系结构

- 计算机网络概述
 - 五层体系结构
 - TCP/IP的发展
 - 协议封装的概念
 - 几个概念
 - 协议的复杂性
 - 四层体系结构



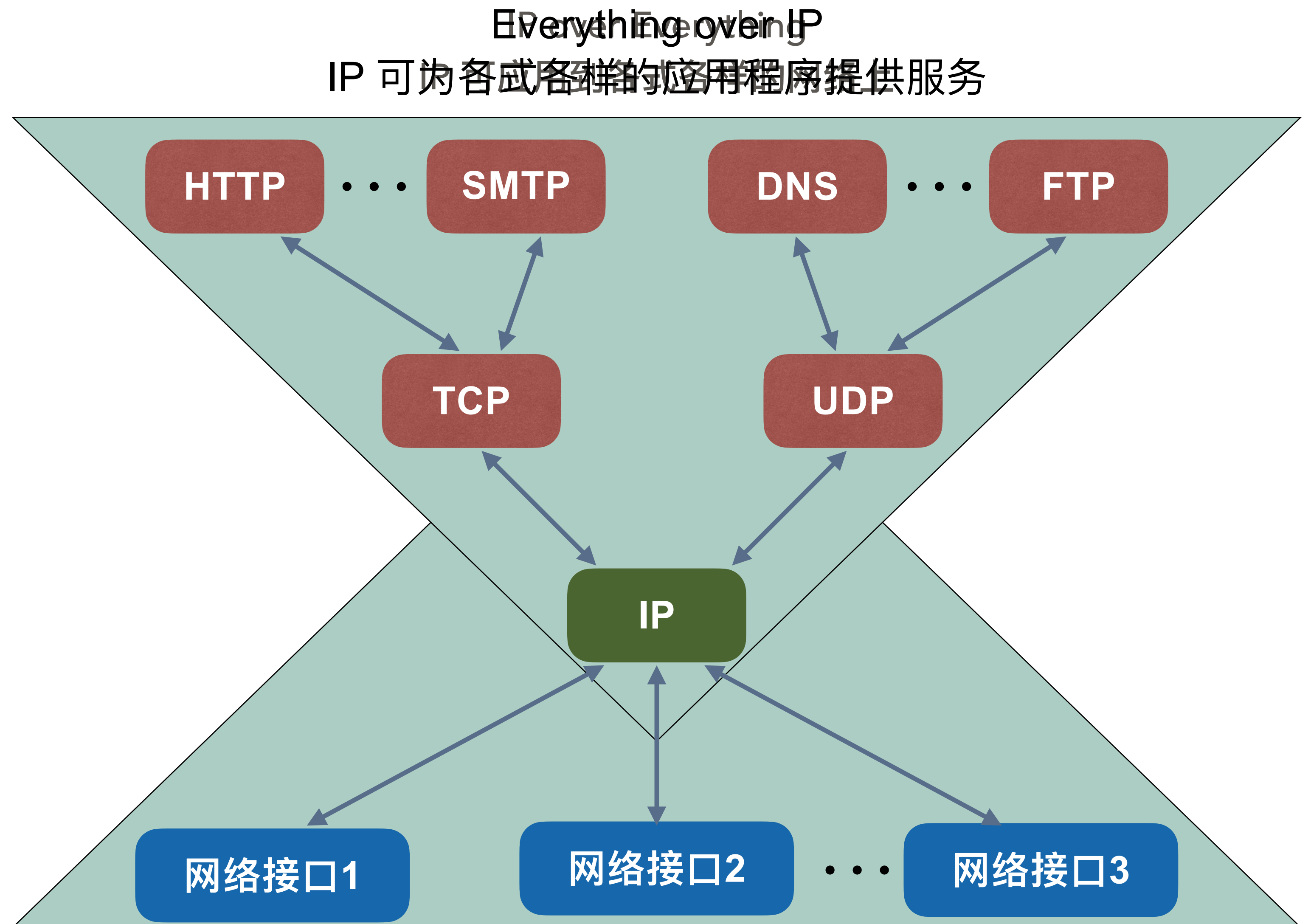
- 计算机网络概述
 - 五层体系结构
 - TCP/IP的发展
 - 协议封装的概念
 - 几个概念
 - 协议的复杂性
 - 四层体系结构

- 即某些应用程序可以直接使用 IP 层或甚至直接使用最下面的网络接口层。
 - 例如：ping应用程序；OSPF路由选择协议都是直接越过运输层直接使用网络层。

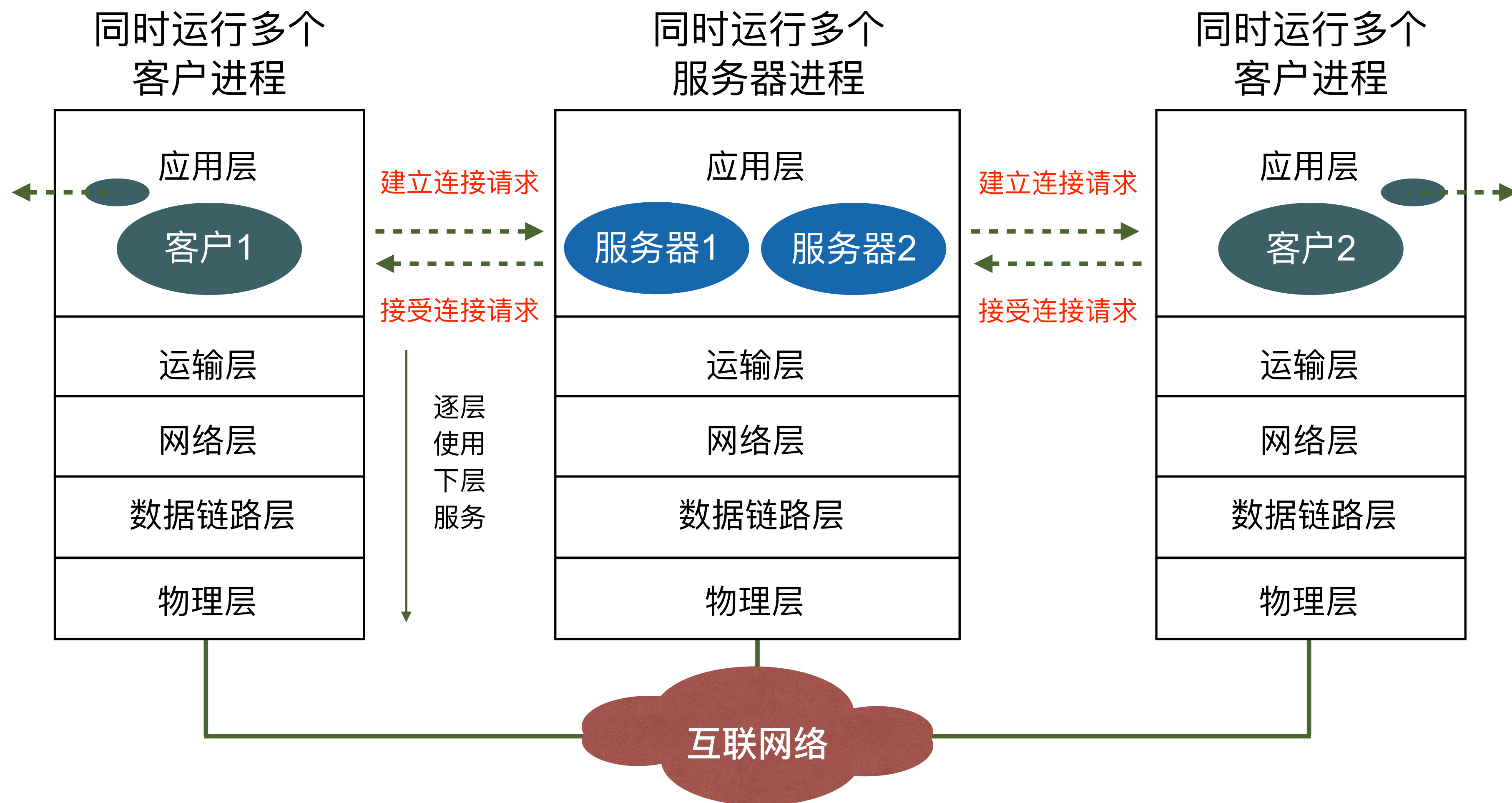


沙漏计时器形状的TCP/IP协议族

- 计算机网络概述
- 五层体系结构
- TCP/IP的发展
- 协议封装的概念
- 几个概念
- 协议的复杂性
- 四层体系结构



客户进程和服务进程使用 TCP/IP 协议栈进行通信

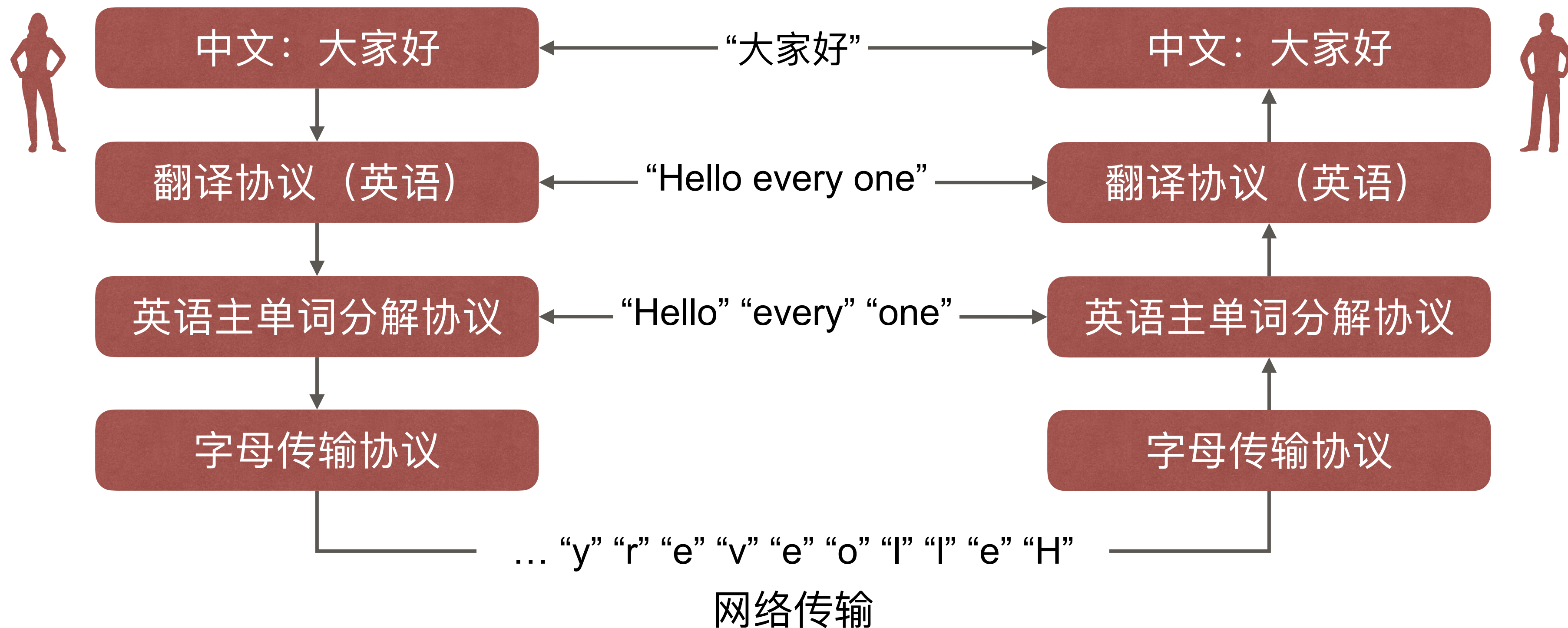


小结

- 计算机网络概述
 - 五层体系结构
 - TCP/IP的发展
 - 协议封装的概念
 - 几个概念
 - 协议的复杂性
 - 四层体系结构

- 计算机网络体系结构：
 - TCP/IP四层体系结构；
 - 五层体系结构。

网络传输工作原理的通俗理解



甲乙两人一个只会讲中文，一个只会讲法文，两人如何交流呢？
可以把不同层次的翻译当做通信协议的实现。