



工业和信息化部“十二五”规划教材

21 世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

计算机网络教程

(第4版)

A Textbook on Computer Networks (4th Edition)

谢钧 谢希仁 编著

- 参考计算机专业考研大纲
- 体现了作者多年的教学经验
- 吸收了多种国外著名教材的优点
- 提供实验建议、教学PPT、部分习题答案

教材及参考书

讲课教材:

谢钧, 谢希仁, 计算机网络教程(第4版), 人民邮电出版社, 2014年

参考书:

谢希仁, 计算机网络(第6版), 电子工业出版社, 2013年

谢希仁, 计算机网络教程(第2版), 人民邮电出版社, 2006年

特尼博姆, Computer Networks(第4版), 清华大学出版社, 2008年

课程内容

P 重点在网络的低层协议

P 网络实验

P 第一章 概述

第二章 物理层

P 第三章 数据链路层

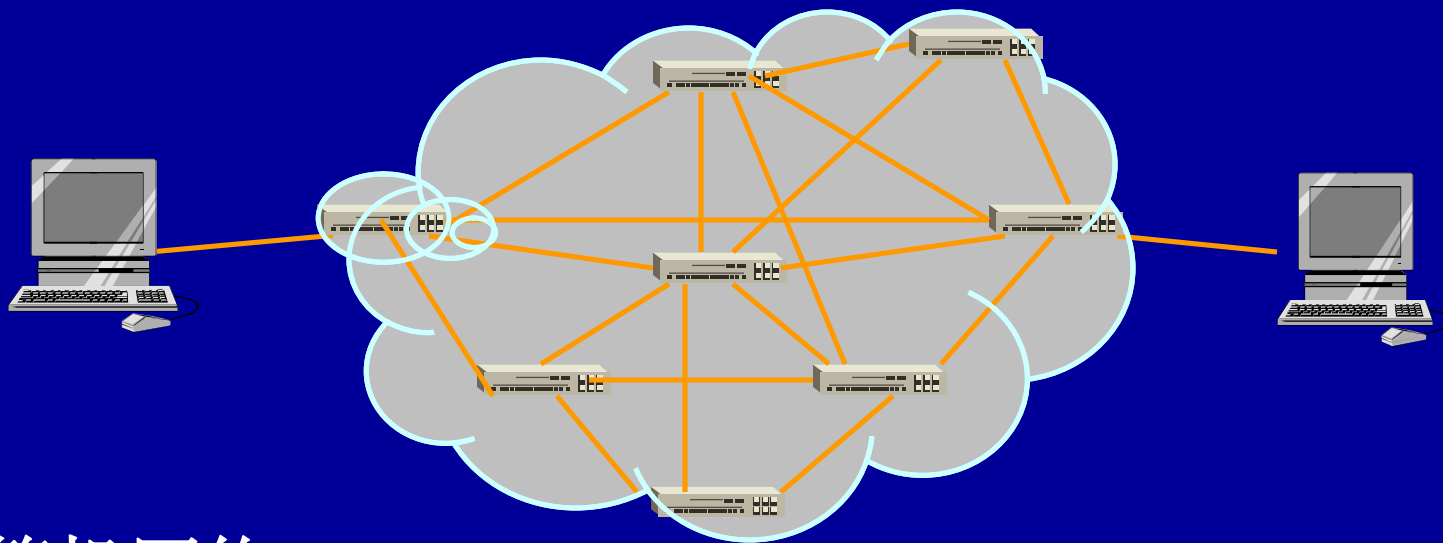
第四章 网络互连

P 第五章 运输层

第六章 网络应用

P 第七章 网络安全

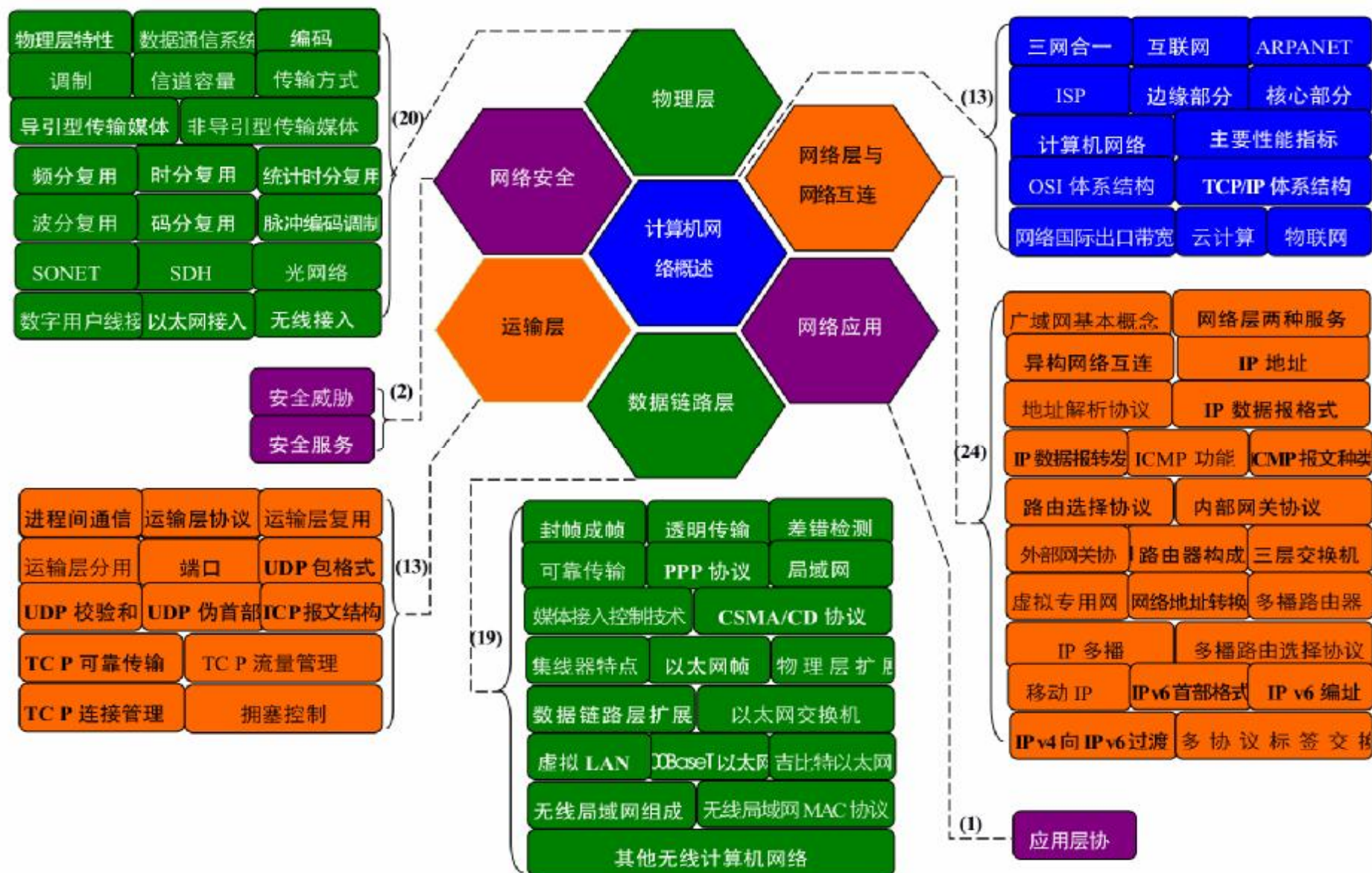
计算机网络模型



计算机网络：

计算机网络是一些互相连接的、自治的计算机的集合，彼此之间进行信息共享。

计算机网络知识点分布结构图



WWW工作过程动画演示

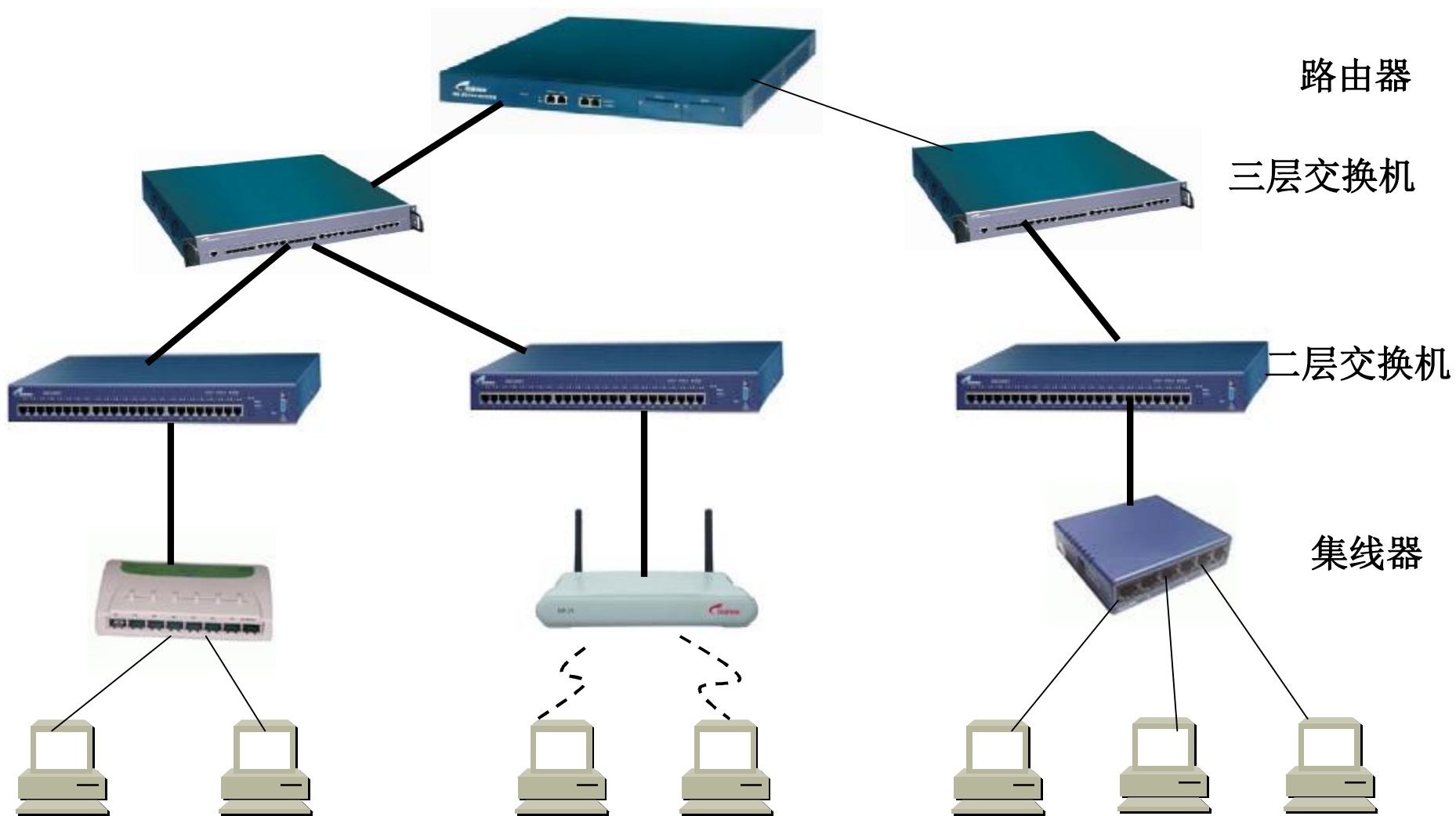
万维网的工作过程

PLAY

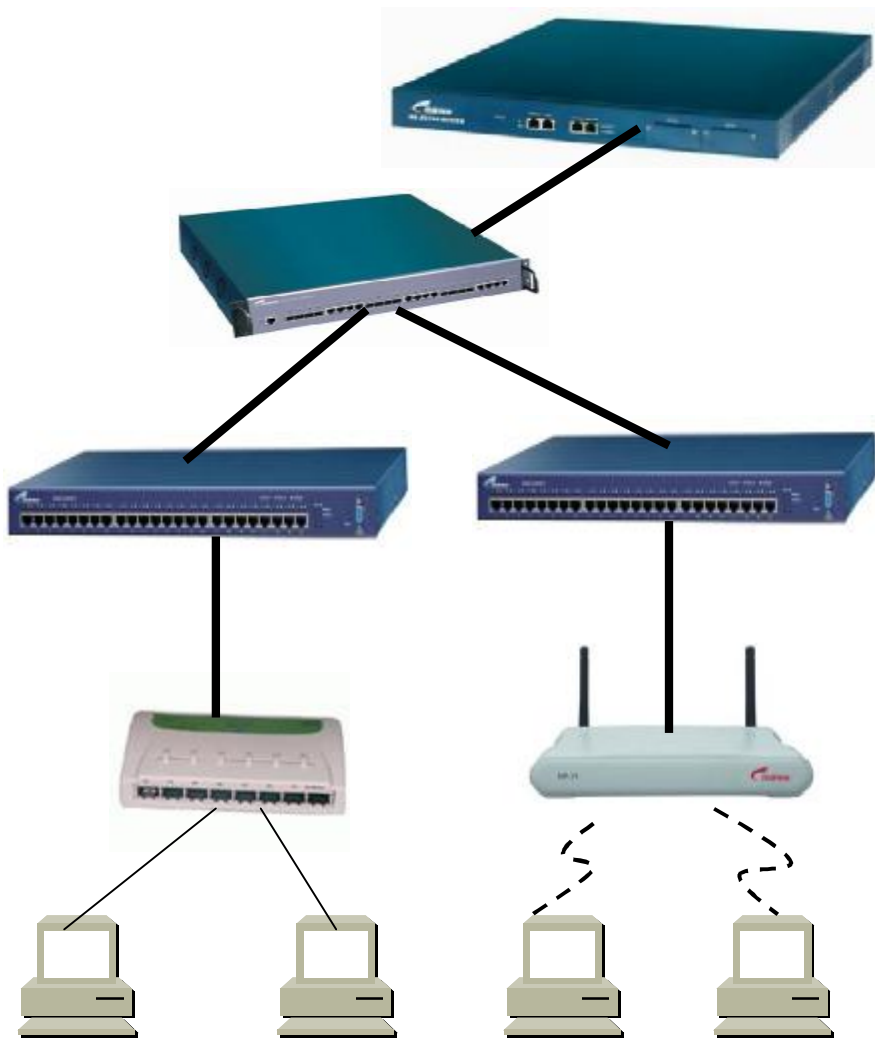
STOP

Silent

计算机网络实验室联网设备



计算机网络计划实验内容



路由器配置与使用

交换机配置与使用

局域网扩展组网

无线局域网组网

双绞线网线制作

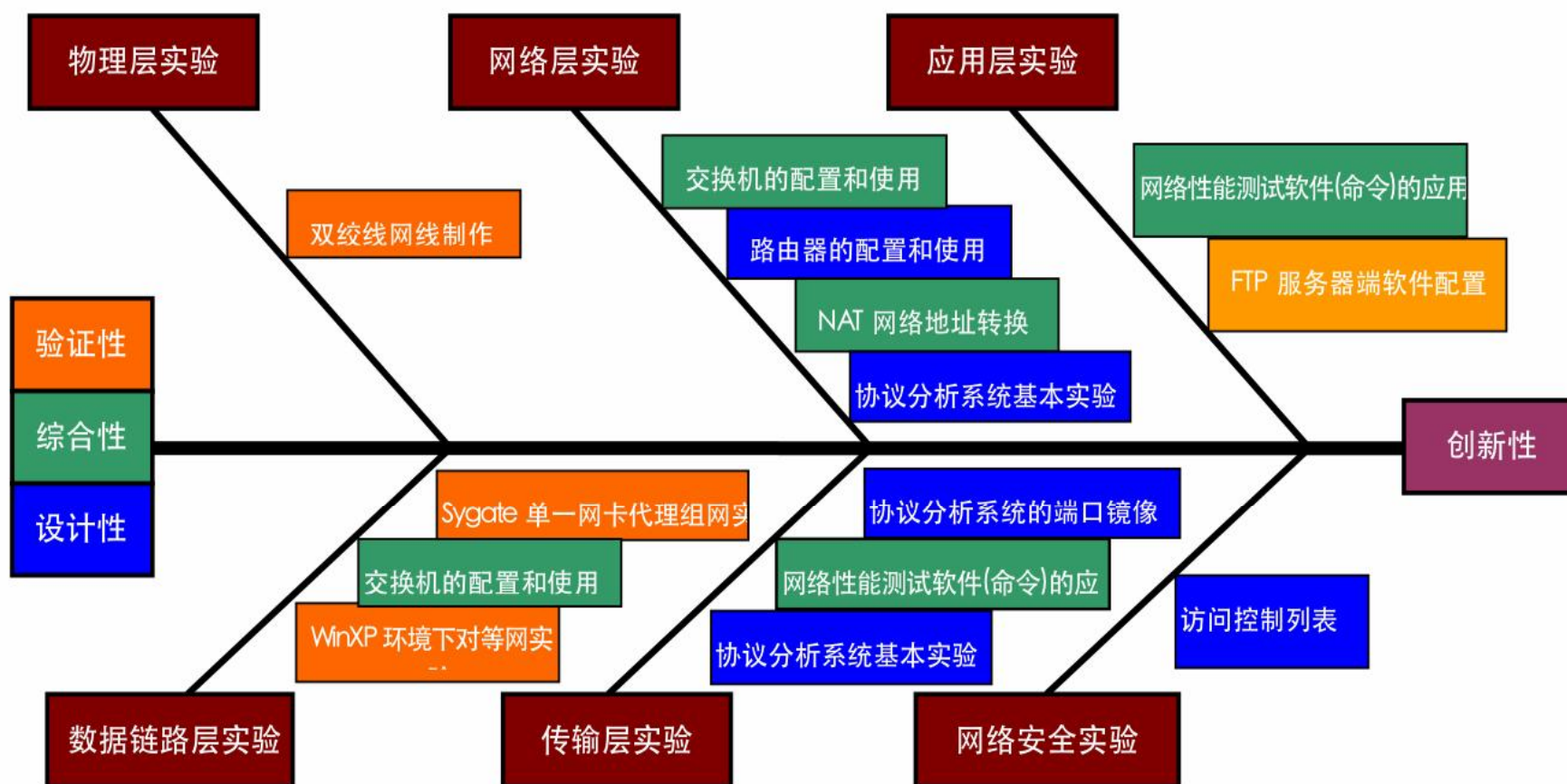
FTP服务器设置

网络命令性能测试

计算机网络实验室机架

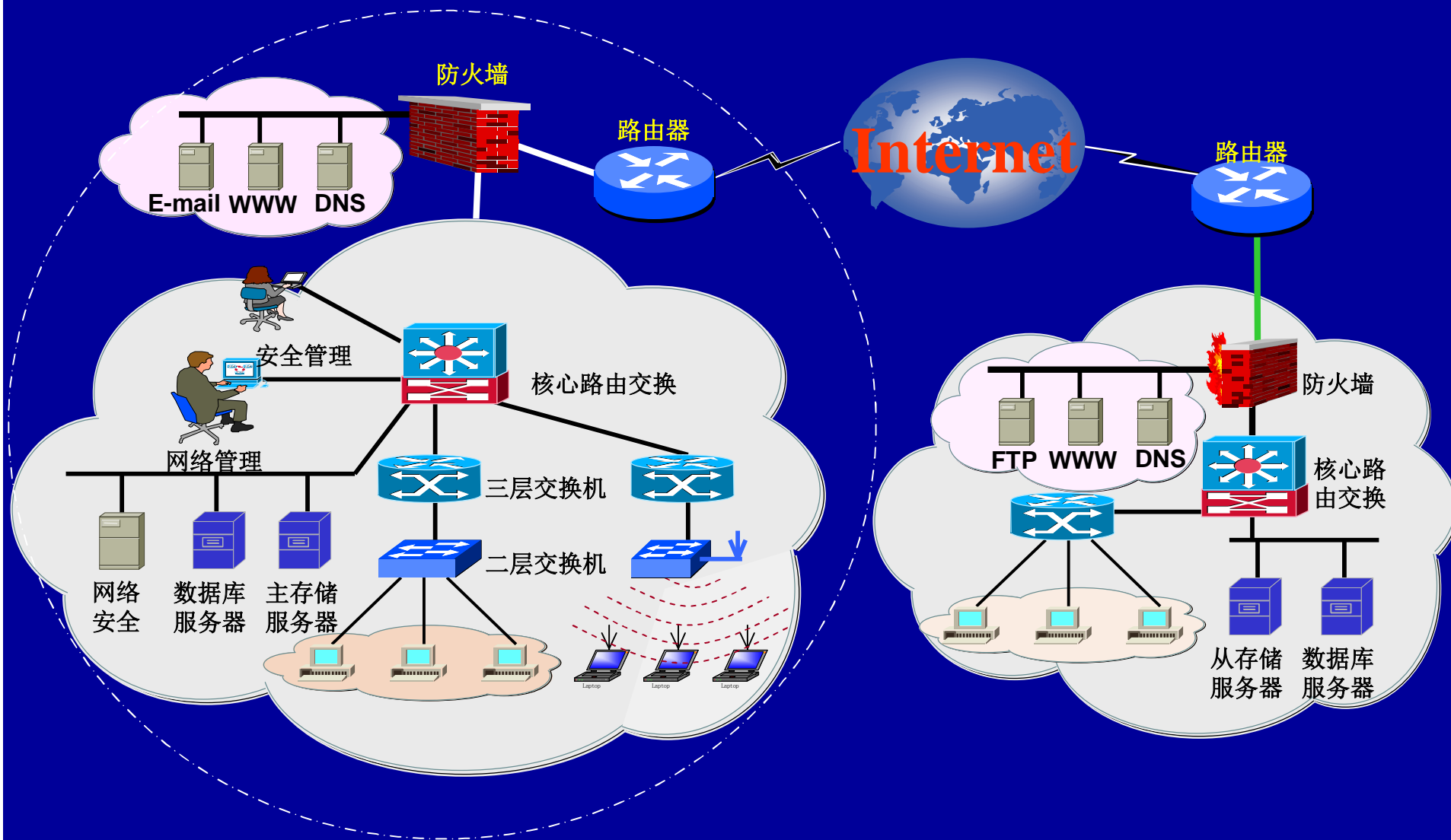


计算机网络实验鱼骨结构图



计算机网络实验鱼骨结构图

计算机网络系统结构框图



第一章 概述

本章要点:

计算机网络的概念

边缘部分 核心部分

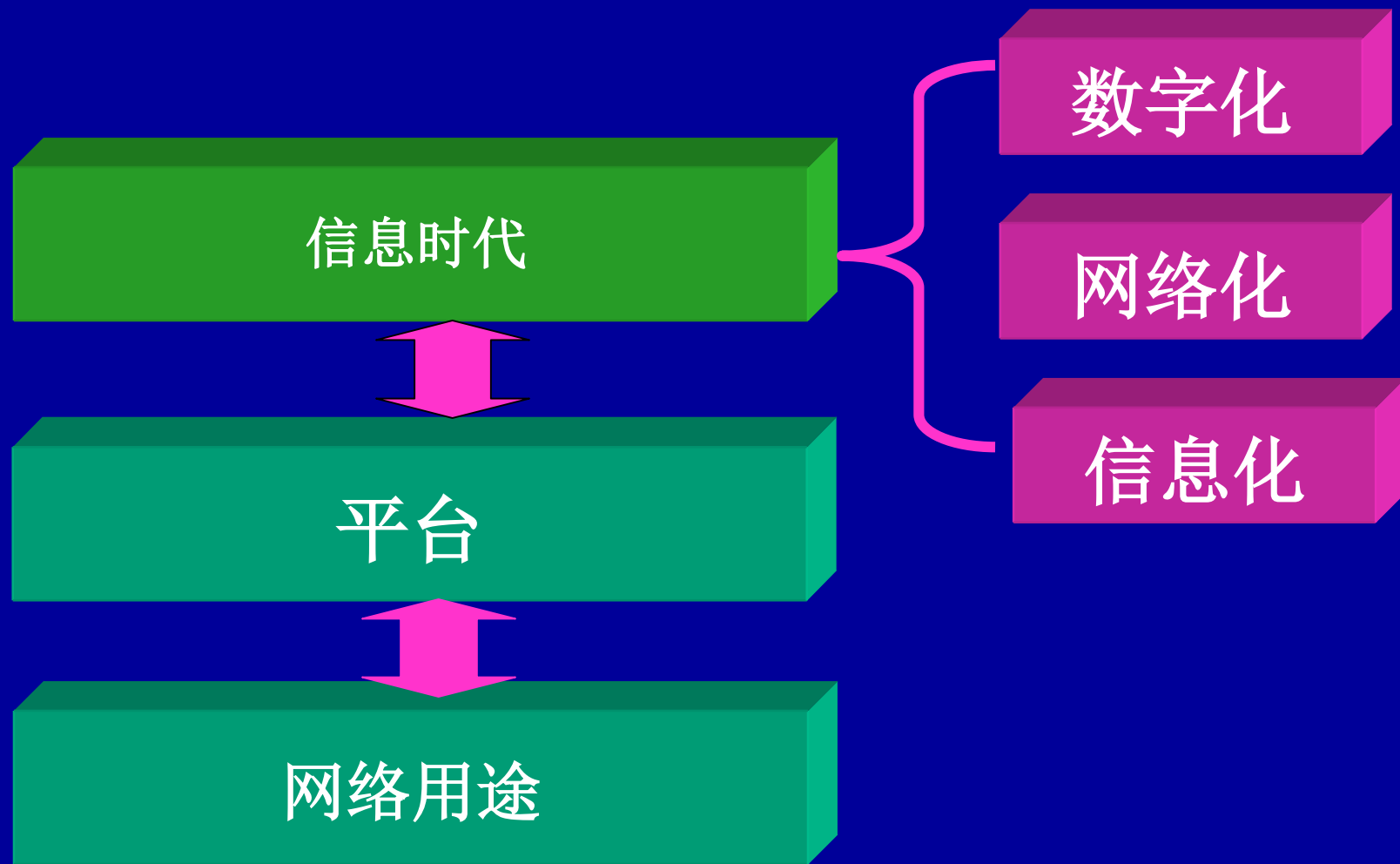
电路、报文、分组交换

网络的分类

本章知识点分布

章	节	知识点	相关概念或原理
1	§ 1.1 计算机网络在信息时代中的作用	三网合一	数字化、网络化、信息化、全球化、高速
	§ 1.2 因特网概述	互联网、ARPANET、因特网服务提供者 (ISP)	因特网发展的三个阶段
	§ 1.3 因特网的组成	边缘部分、核心部分	客户服务器工作方式、对等工作方式、三大交换
	§ 1.4 计算机网络定义与分类	计算机网络	网络基本特征、局域网、城域网、广域网、个人区域网
	§ 1.5 计算机网络的主要性能指标	主要性能指标	带宽、时延、吞吐量、丢包率
	§ 1.6 计算机网络体系结构	OSI体系结构、TCP/IP 体系结构	协议、体系结构、多层通信、服务、协议数据单元、服务数据单元、服务访问点、对等实体
	§ 1.7 计算机网络在我国的发展	网络国际出口带宽	网络发展过程
	§ 1.8 两个重要的新兴网络技术	云计算、物联网	基础设施即服务、平台即服务、软件即服务

1.1 计算机网络在信息时代中的作用

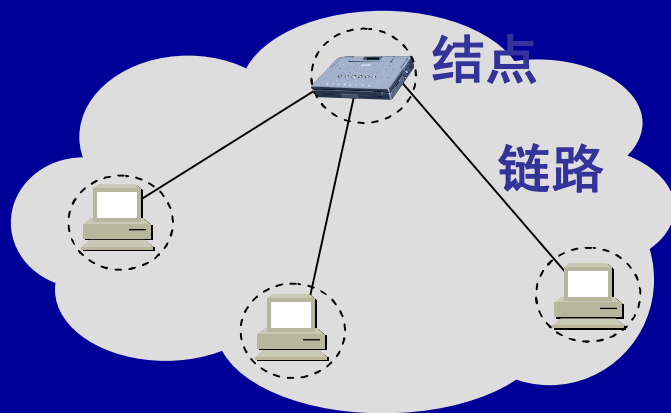


1.2 因特网概述

1.2.1 网络的网络

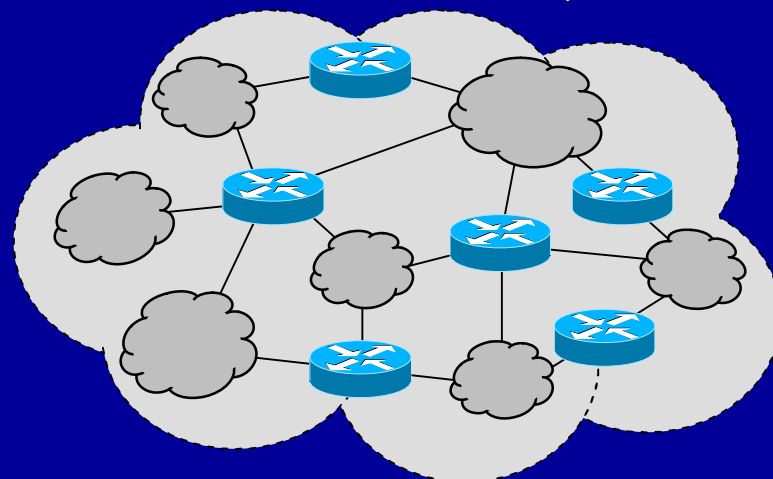
- ❌ 起源于美国的因特网现已发展为世界上最大的计算机互联网。
- ❌ 网络(network)由若干结点和连接这些结点的链路(link)组成。
- ❌ 互联网是“网络的网络”(network of networks)。
- ❌ 连接在因特网上的计算机都称为主机(host)。

网络



(a)

互联网（网络的网络）

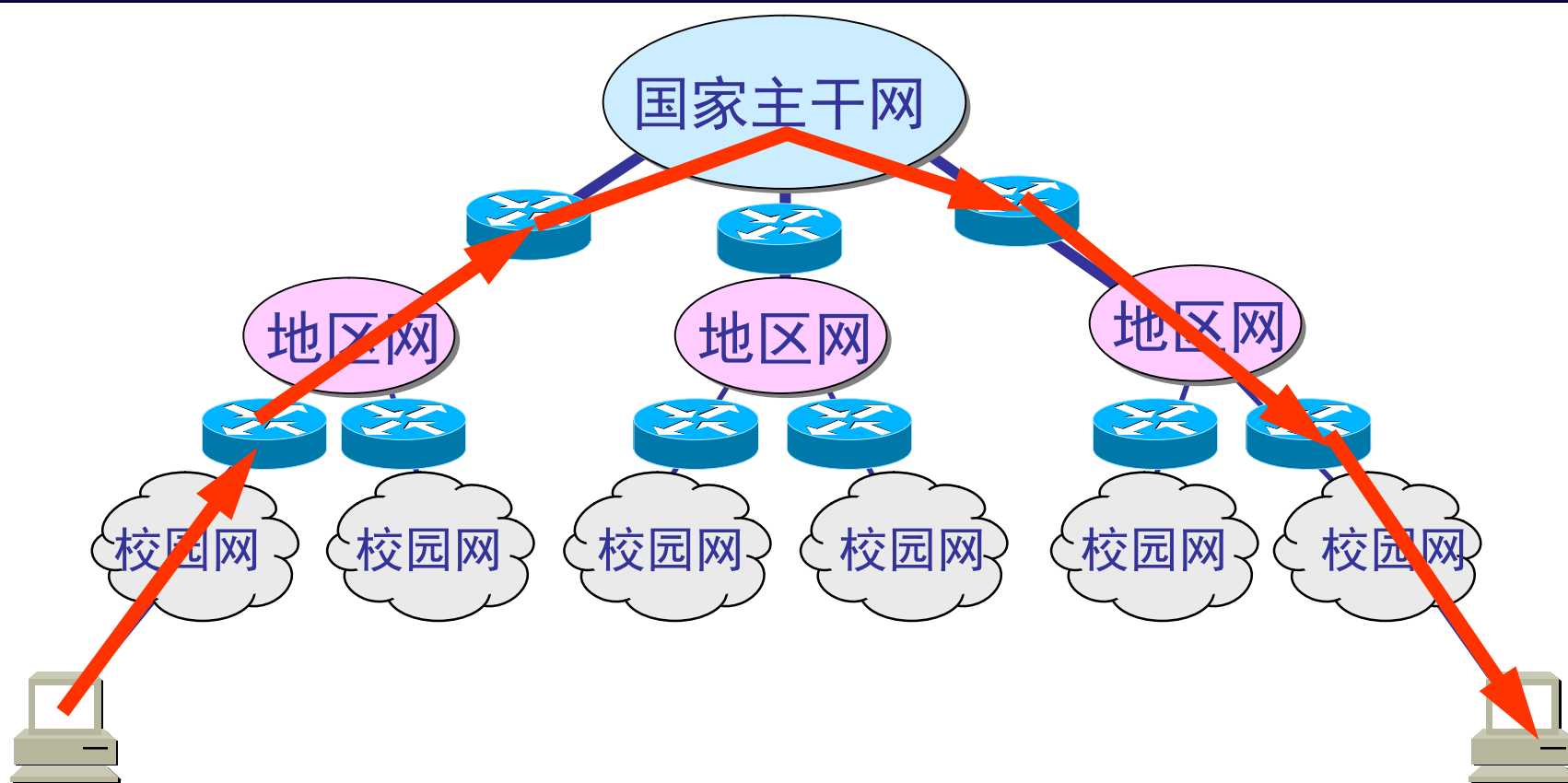


(b)

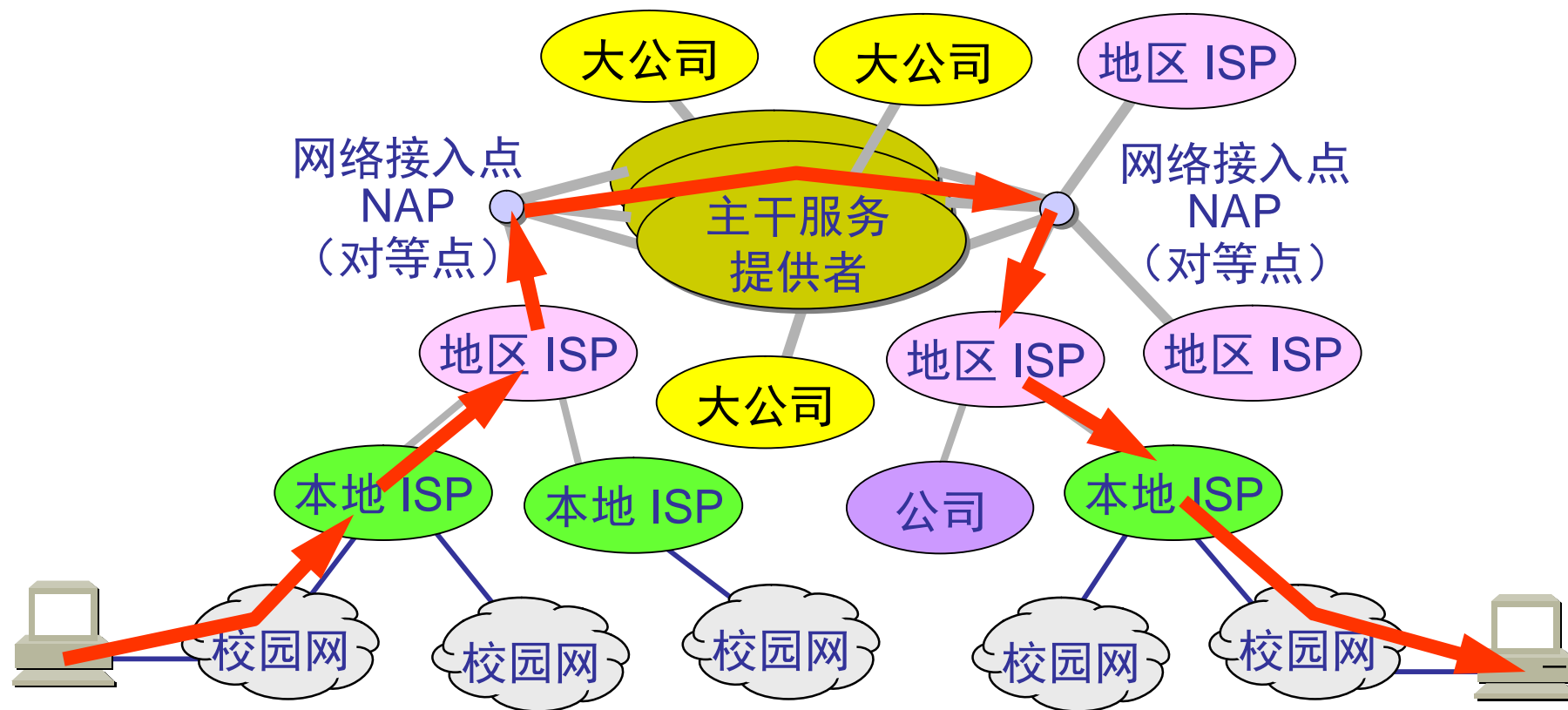
1.2.2 因特网发展的三个阶段

因特网发展的三个阶段：

- 1、从单个网络ARPANET向互连网发展的过程。
- 2、三级结构的因特网。



3、多级ISP结构的因特网。



1.3 因特网的组成

从因特网的工作方式上看，可以划分为以下的两大块：

- (1) **边缘部分** 由所有连接在因特网上的主机组成。
- (2) **核心部分** 由大量网络和连接这些网络的路由器组成。



1.3.1 因特网的边缘部分

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)。



两种通信方式

在网络边缘的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：

- 客户服务器方式（C/S 方式）

即 Client/Server方式

- 对等方式（P2P 方式）

即 Peer-to-Peer方式

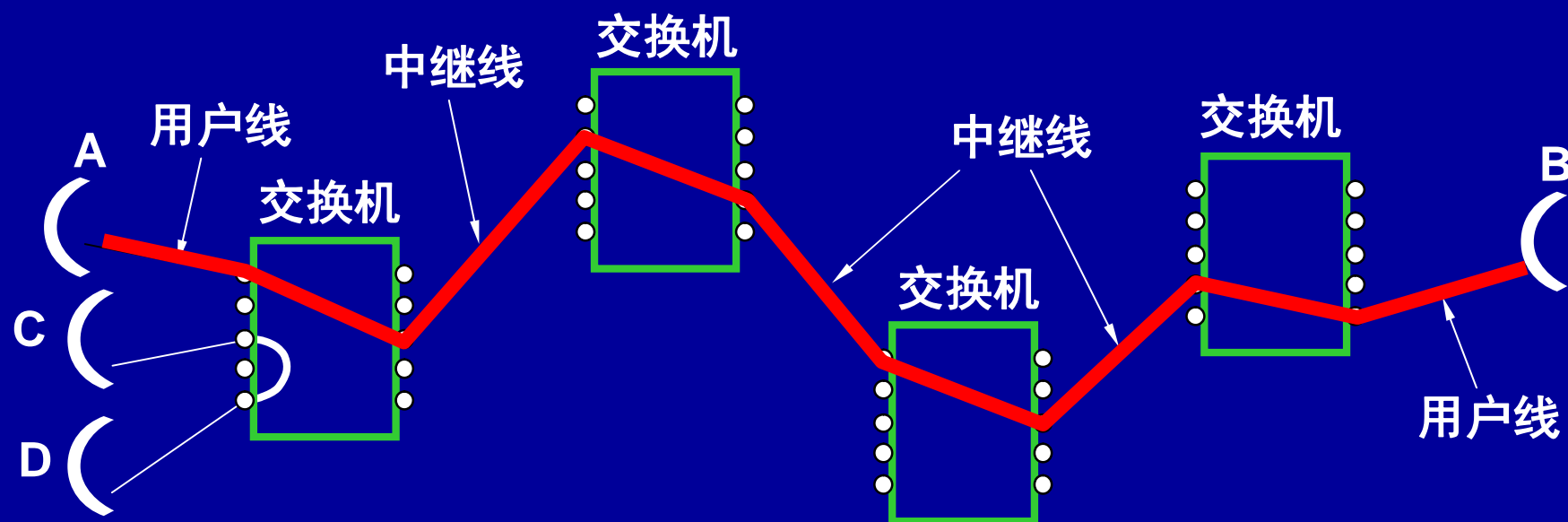
1.3.2 因特网的核心部分

- ❌ 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. 电路交换的主要特点

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



电路交换的特点

F 电路交换的优点

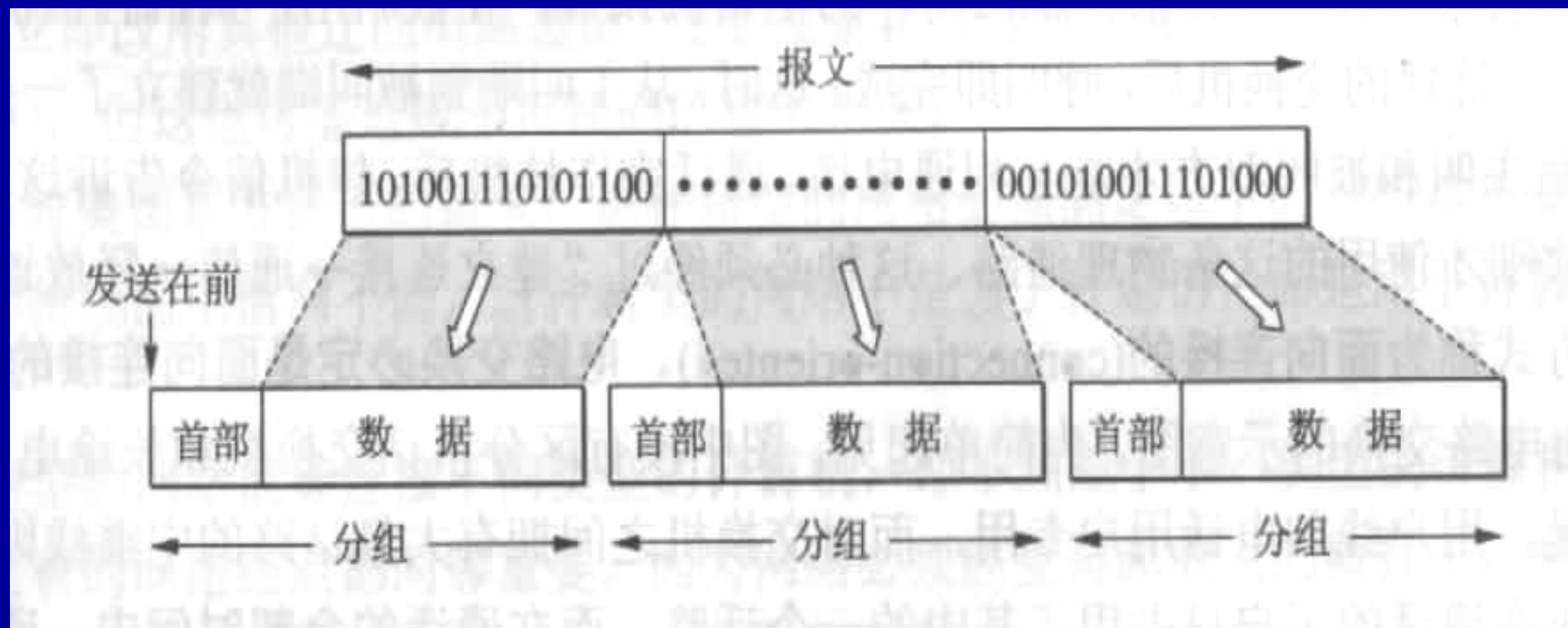
- ◆ 时延小，通信质量有保证
- ◆ 控制简单

F 电路交换的缺点

- ◆ 呼叫建立需要时间
- ◆ 每个连接带宽固定（不能适应不同速率的业务）
- ◆ 不传信息时也占用资源（不适用于突发业务）

2. 报文交换的主要特点

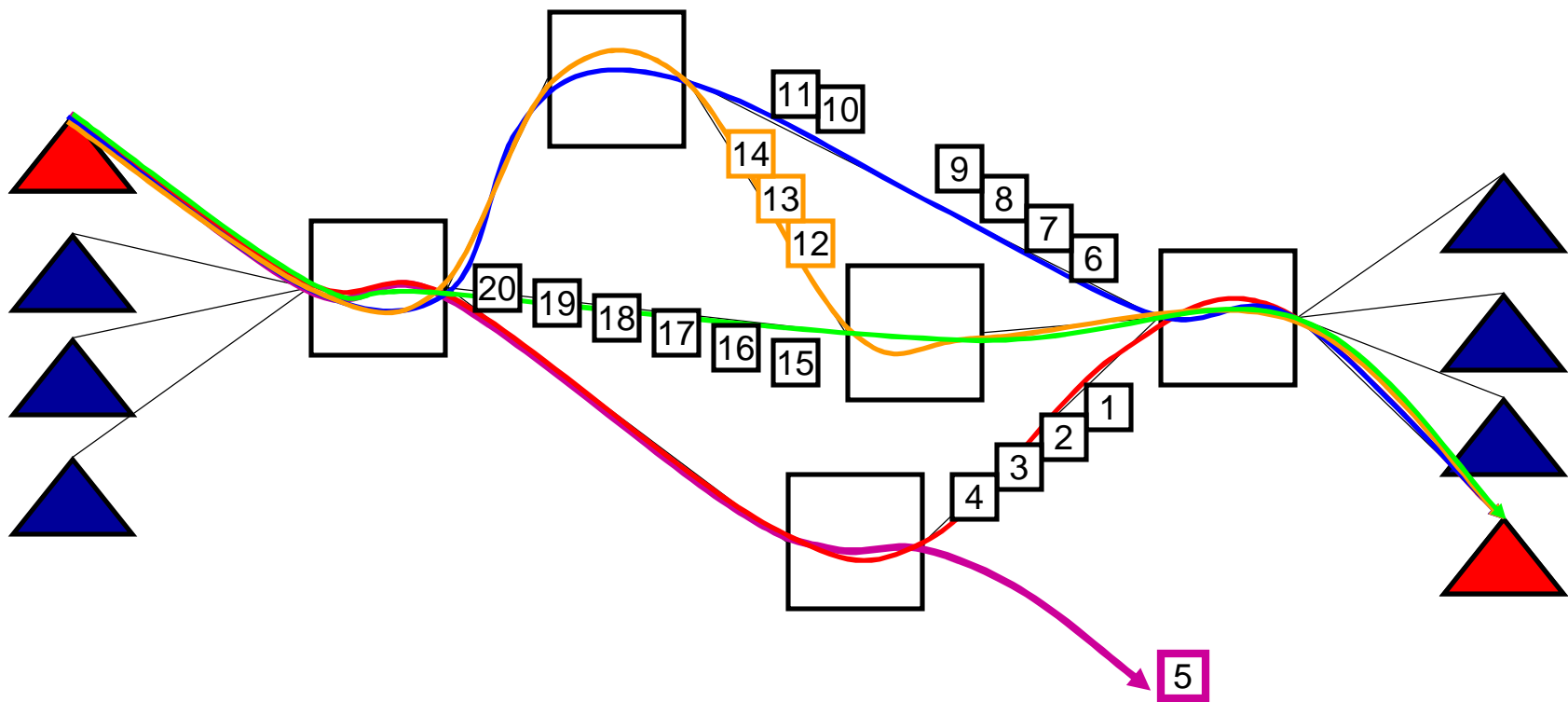
- ❌ 基本原理：存储--转发。（没有固定的电路连接）。
- ❌ 要发送的信息“打包” ① 交换机存储（有空闲线路时）
- ② 转发..... ③ 目的终端



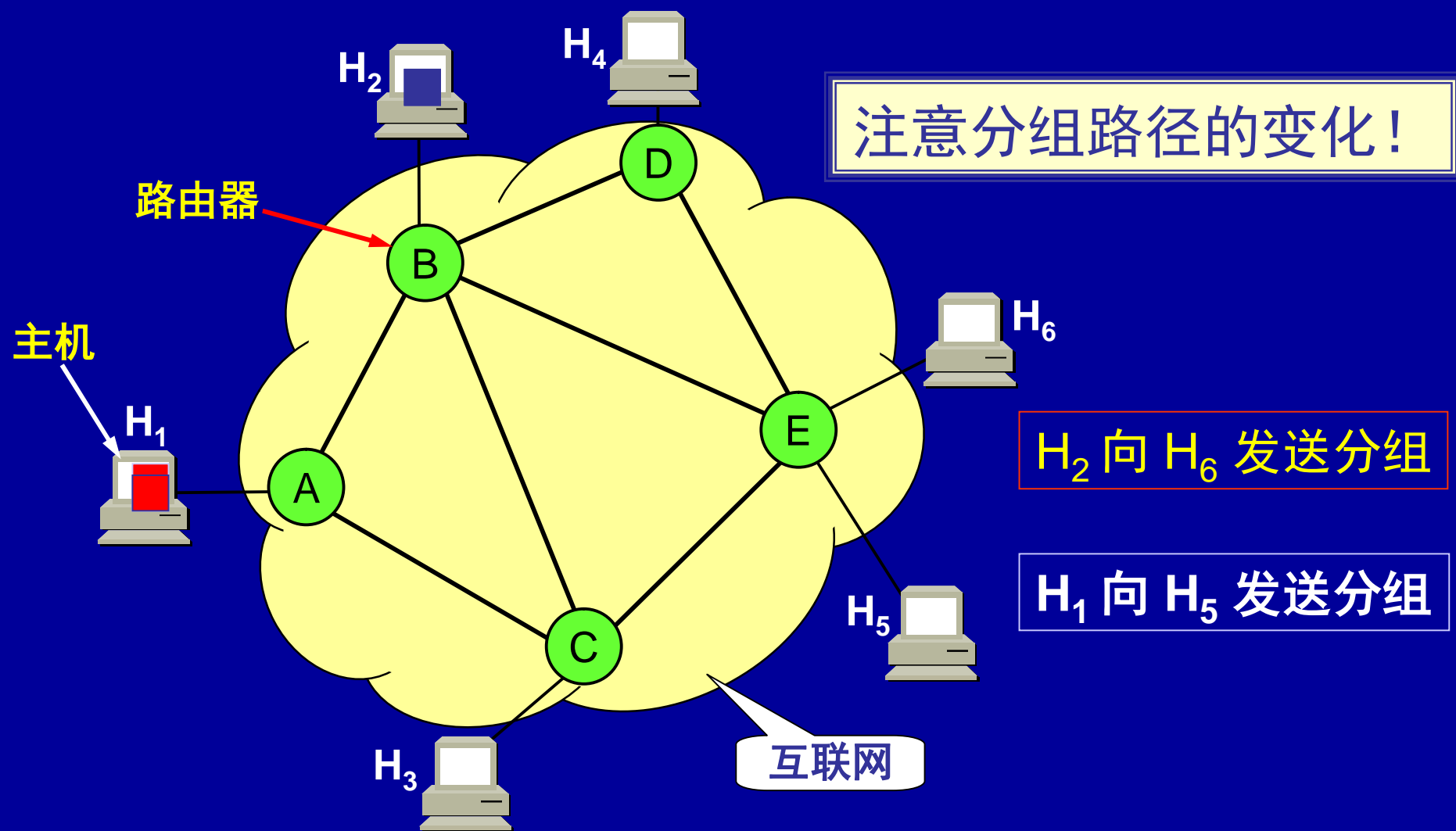
报文交换的优缺点

- 报文交换的优点：
 - 可实现不同类型终端之间的交换；
 - 实现以报文为单位的多路复用，提高线路的利用率。
- 报文交换的缺点：
 - 时延大，不适应实时通信；
 - 要求交换机存储容量大；

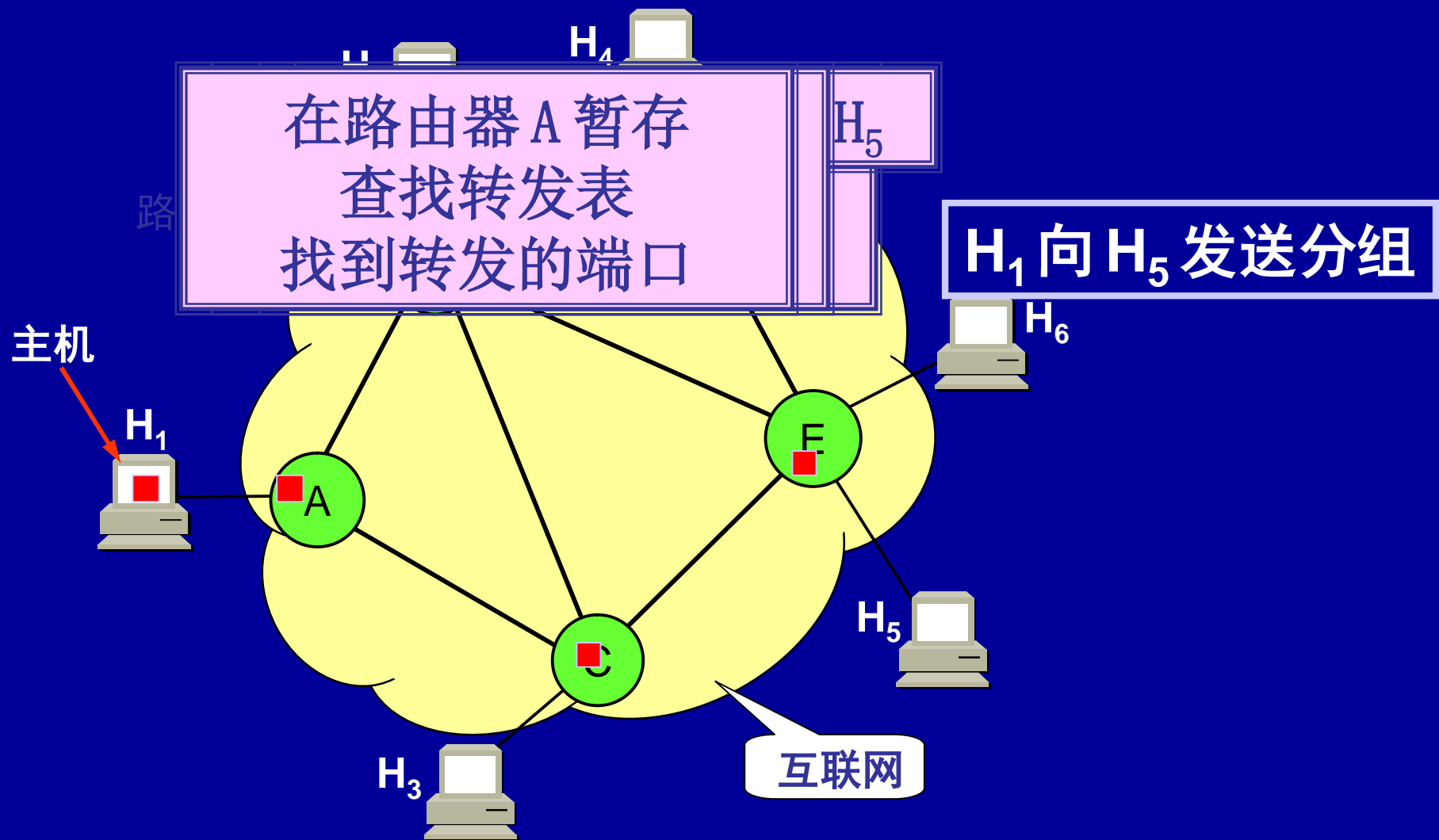
3. 分组交换



分组交换网的示意图

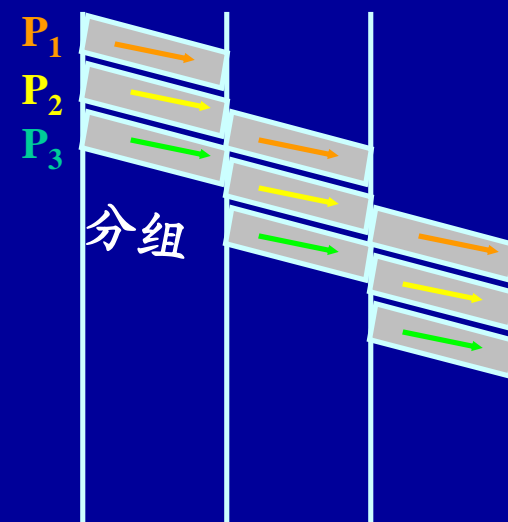
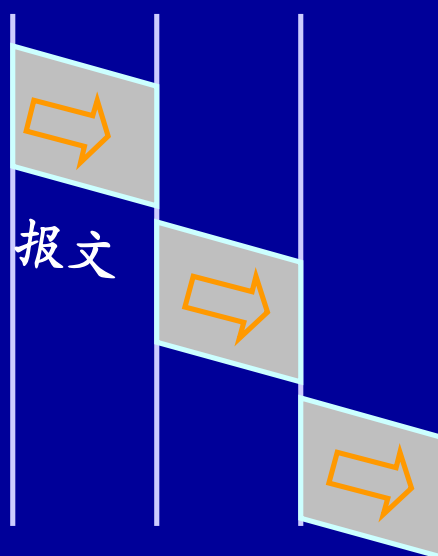
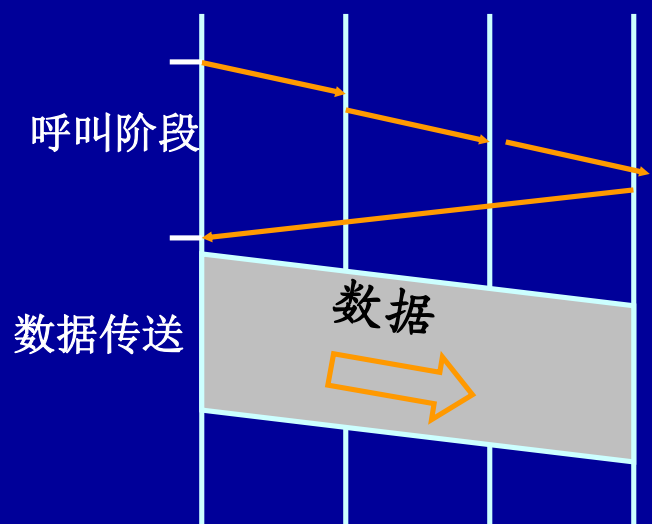


注意分组的存储转发过程



三种交换的比较

- **电路交换**：电话系统，通信前先建立连接，预先分配资源
- **报文交换**：邮政系统，存储转发方式，动态分配资源，数据传送的单位是较长的报文（message）
- **分组交换**：存储转发方式，动态分配资源，数据传送的单位是较短的分组（packet，包）



1.4 计算机网络的分类

1.4.1 计算机网络的不同定义

在计算机网络发展过程中，人们对计算机网络提出了不同的定义。这些定义可以分为三类：广义的观点、资源共享的观点与用户透明性观点。

从目前计算机网络的特点看，采用资源共享观点的定义比较确切。而广义观点定义了计算机通信网络，用户透明性观点定义了分布式计算机系统。因此，讨论计算机网络的定义实际上是要回答两个问题：

什么是计算机网络？

计算机网络与计算机通信网、分布式计算机系统的区别是什么？

计算机网络定义的基本内容

资源共享观点将**计算机网络**定义为“计算机网络是一些互相连接的、自治的计算机的集合。”。

资源共享观点的定义符合目前计算机网络的基本特征，这主要表现在：

1. 计算机网络建立的主要目的是实现计算机资源的共享。计算机资源主要指计算机硬件、软件与数据。网络用户可以使用本地计算机资源，可以通过网络访问远程连网计算机资源，也可以调用网中几台计算机共同完成某项任务。

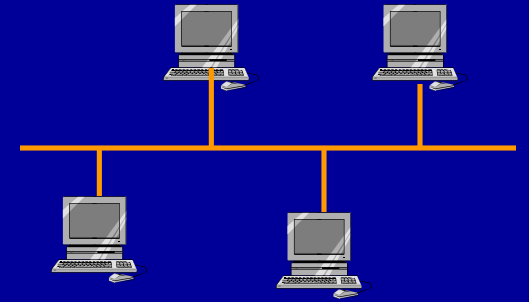
2. 网内计算机是多台功能独立的计算机。它们之间没有明确的主从关系，分布在不同地理位置，每台计算机可以连网工作，也可以脱网独立工作，连网计算机可以为本地用户提供服务，也可以为远程网络用户提供服务。

3. 连网计算机必须遵循全网统一的网络协议。

1.4.2 计算机网络的分类方法

一、计算机网络的分类

1. 依据传送技术：广播网络、点—点网络
 - 共享信道与独占信道
 - 是否支持广播(broadcasting)和多播(multicasting)
2. 依据使用者：公用网、专用网
3. 依据作用范围：LAN、MAN、WAN、个人区域网(PAN)
4. 依据交换功能：
电路交换、分组交换、报文交换、混合交换

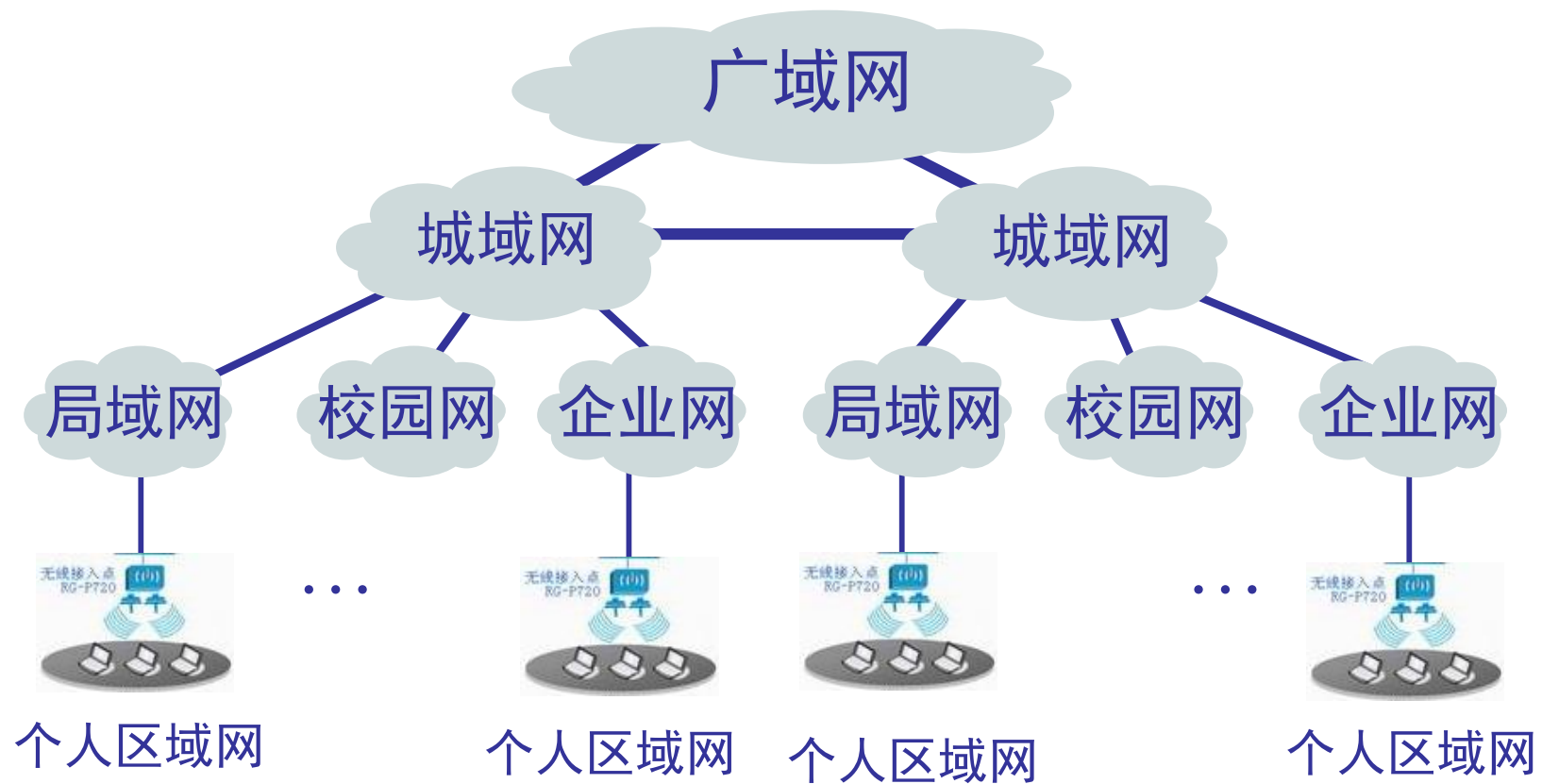


二、LAN、MAN和WAN的特点

	覆盖范围	传送技术	管理	是否支持广播
LAN	几公里内	通常是广播式	专用网	支持
MAN	100公里内	LAN的技术	专用网/公用网	支持
WAN	一个国家或洲	需要转发或交换设备	专用网/公用网	不支持
因特网	全球	需要转发或交换设备	公用网	不支持

LAN和WAN的拓扑结构不同

广域网、城域网、局域网以及个人区域网的关系



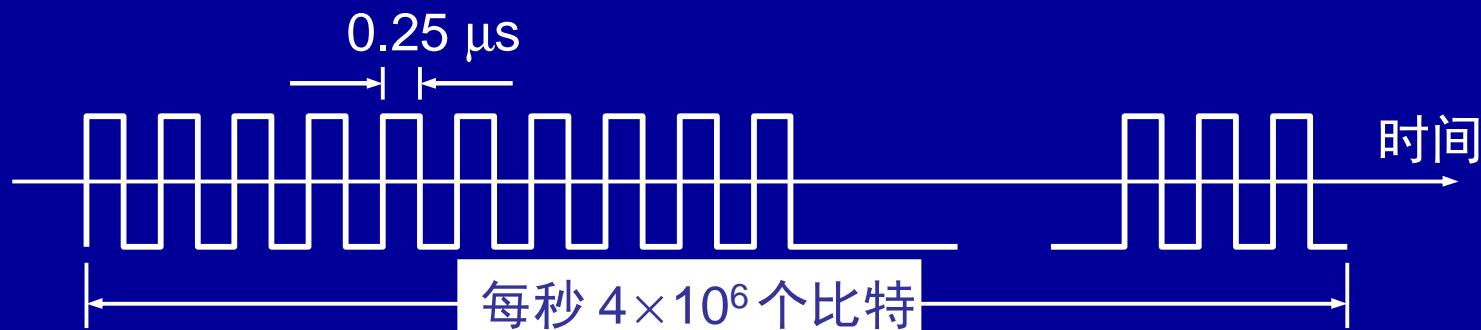
1.5 计算机网络的主要性能指标

- ❌ “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)。
- ❌ 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



主要性能指标

- **时延 (Delay)**：是指一个报文或分组从一个网络(或链路)的一端传送到另一端所经历的时间。

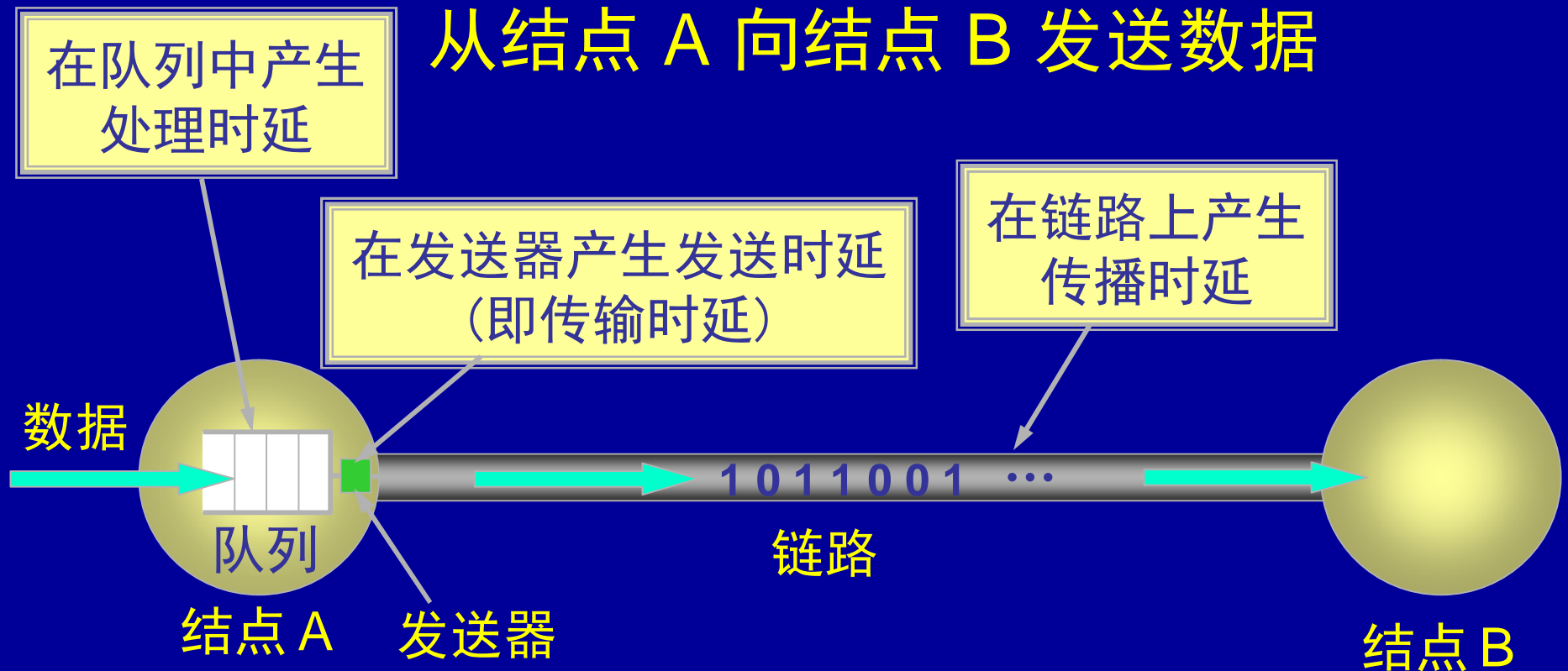
时延 = 发送时延 + 传播时延 (Propagation Delay) + 处理时延


$$\text{发送时延} = \frac{\text{数据块长度}}{\text{信道带宽}}$$


$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度}}{\text{电磁波的传播速率}}$$

主要性能指标

三种时延所产生的地方



1.6 计算机网络体系结构

- 1、网络体系结构
- 2、OSI参考模型
- 3、TCP/IP协议栈
- 4、OSI 与 TCP参考模型的比较

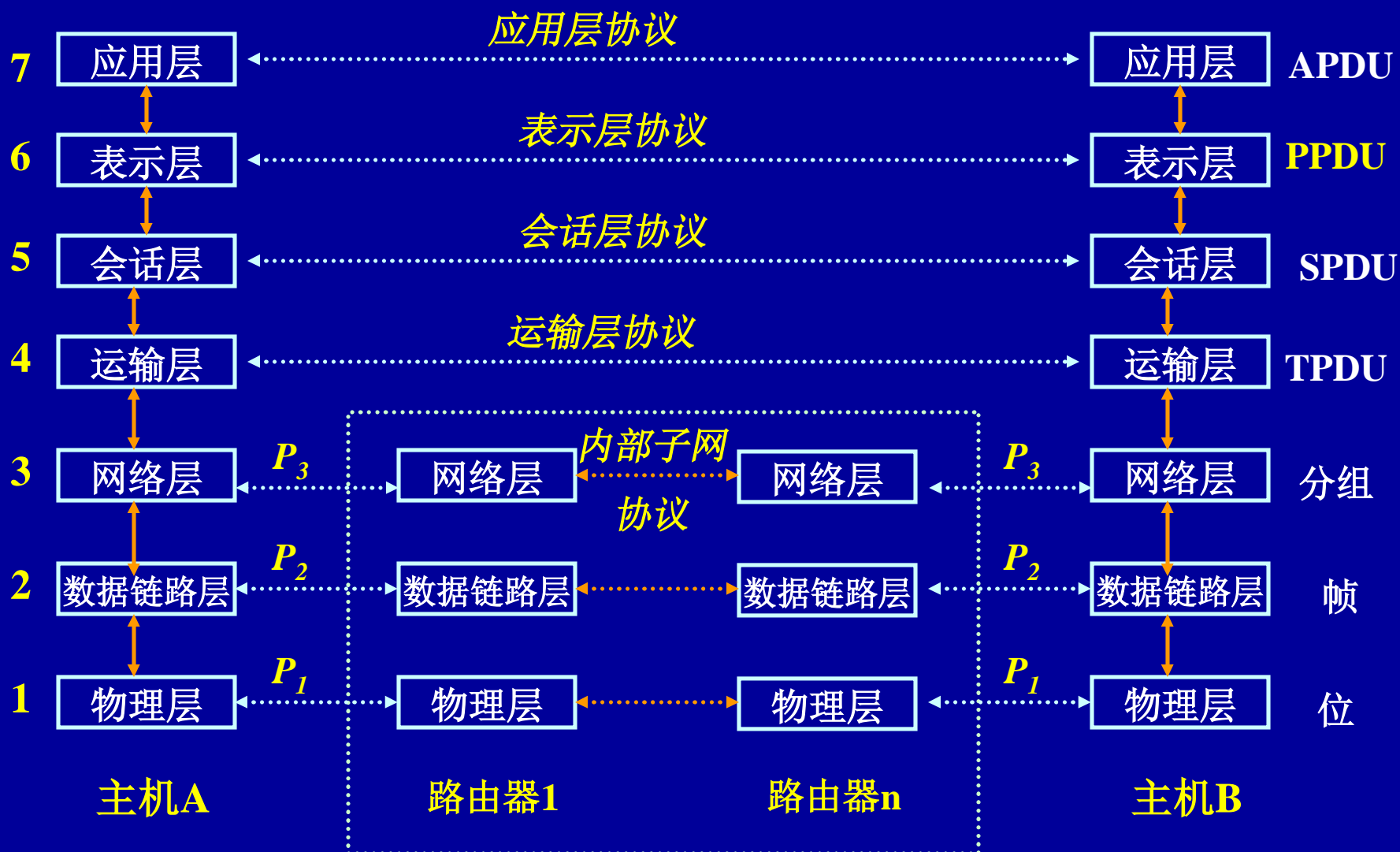
1.6.1 计算机网络体系结构的形成

计算机网络应完成的几件工作：

- (1)发起通信的计算机必须将数据通信的线路进行激活：即保证要传送的数据能在这条线路上正确发送和接收；
- (2)通知网络如何识别接收数据的计算机；
- (3)对方计算机是否已准备好接收数据；
- (4)对方计算机是否已准备好接收文件和存储文件；
- (5)若两个计算机的文件格式不同，则有一台计算机应完成格式功能转换；
- (6)对出现的各种差错和意外故障，应有可靠的保证措施。

OSI参考模型

数据单元



OSI各层的主要功能

OSI层次	主要功能	功能简述
应用层	与用户应用进程的接口	“做什么”
表示层	数据格式的转换	“对方看起来象什么”
会话层	会话管理与数据传输同步	“该谁讲话”“从哪儿讲起”
传输层	端到端可靠的数据传输	“对方在哪儿”
网络层	分组传送，路由选择，流量控制	“走哪条路可以到达对方”
数据链路层	相邻结点间无差错地传送帧	“每一步该怎么走”
物理层	在物理媒体上透明传输位流	“怎样利用物理媒体”

1.6.2 协议与划分层次

- ❌ 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）。
- ❌ 为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定即网络协议(network protocol)，**简称为协议**。

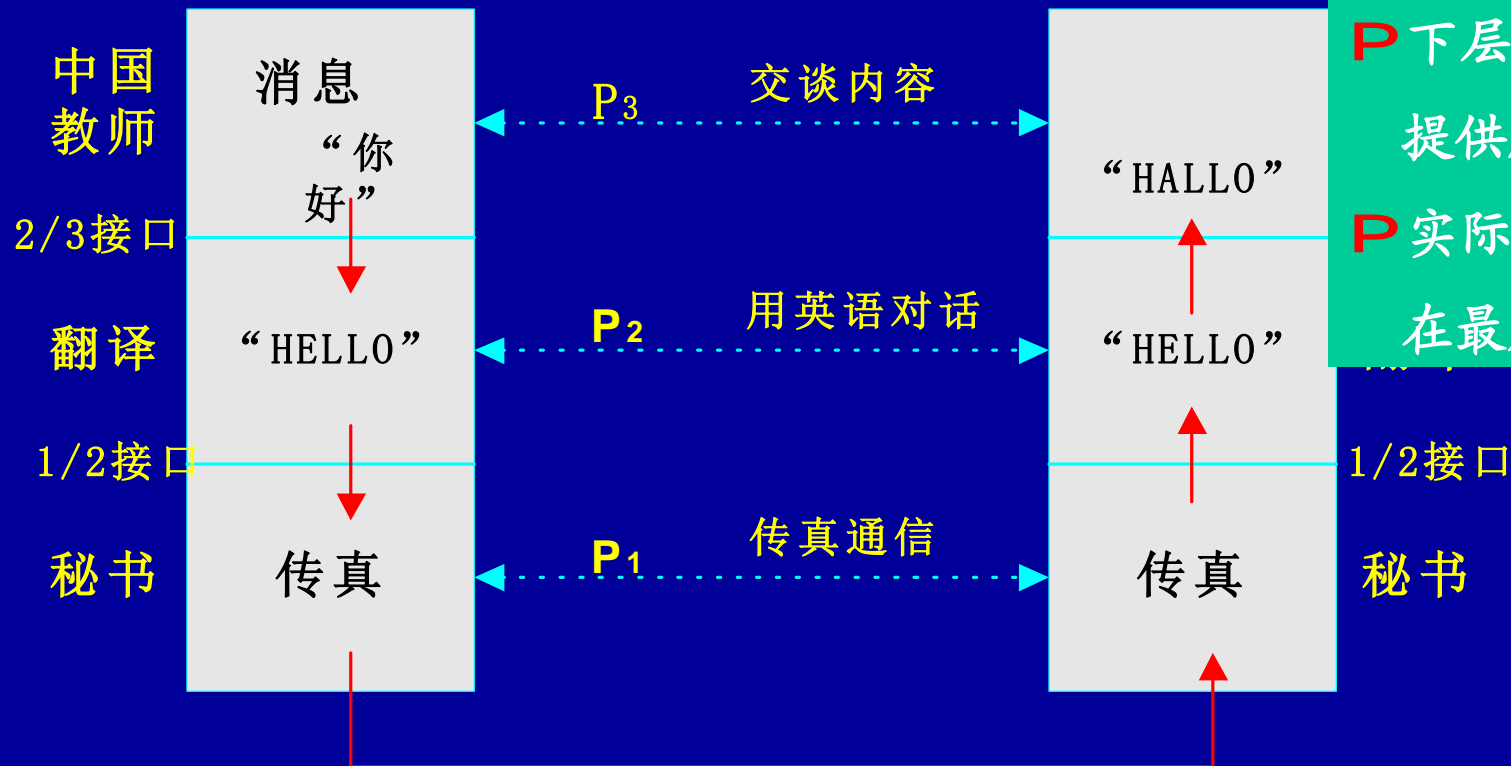
一、多层通信示例

多层通信的实质:

P 对等层实体之间
虚拟通信

P 下层向上层
提供服务

P 实际通信
在最底层完成



二、分层的好处

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

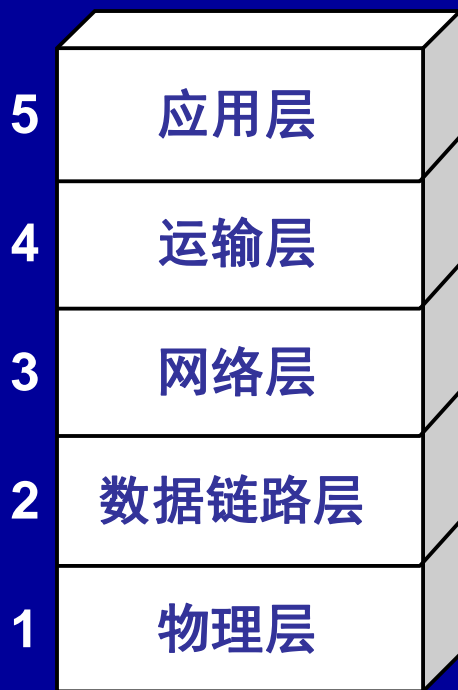
三、计算机网络的体系结构

- ❌ 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。

1.6.3 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)

动画演示

PLAY

数据在各层之间的传递过程

STOP

1.6.4 服务、协议、实体间关系

服务是下层通过接口向其相邻上层提供的支持。

协议是控制两个对等实体进行通信的规则的组合。

服务访问点(SAP):接口上相邻两层实体交换信息之处。

服务数据单元(SDU):来自上一层，需要在本层与对等实体交换的信息。

协议数据单元(PDU):对等层次之间传送的数据单位。

实体: 任何可以发送或接收信息的硬件/软件进程。

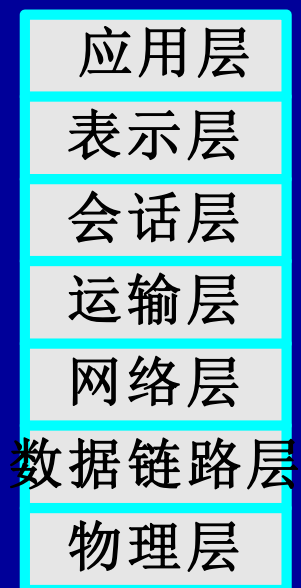
对等实体: 位于不同系统内同一层次的两个实体。

协议作用在对等实体之间。是水平的。

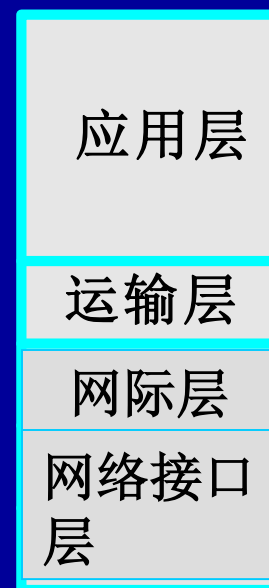
实体利用协议来实现其服务；只要保持服务不变，对等实体可以任意修改协议。

1.6.5 TCP/IP的体系结构

OSI/RM



TCP/IP 模型



应用层： DNS、TELNET、SMTP、FTP、HTTP...

运输层： 与OSI运输层功能相同， TCP（面向连接）和UDP（无连接）

网际（互连网）层： 与OSI网络层功能相似，无连接服务，IP为主要协议

网络接口层： 相当于OSI 数据链路层和物理层

OSI与TCP/IP的相同和不同点

相同点:

分层体系结构，基于独立的协议栈概念；
某些层的功能相似；
运输层之上面向应用。

不同点	OSI协议	TCP/IP协议
对服务、接口、协议三个概念的区分	区分清楚	区分不清楚
模型和协议的先后顺序	先有模型，后有协议	先有协议，后有模型
对互连问题的考虑	开始没有考虑到异构网的互连，后加入IP协议	一开始就考虑到异构网的互连，且把IP协议作为重点
面向无连接与面向连接	侧重面向连接，后来才加入面向无连接	两者并重
层数不同	层数多	层数少

1.7 计算机网络在我国的发展

2013年我国主要网络国际出口带宽数

1、主要国际出口带宽总量为7475414M(2003年则为27216M)，连接的国家有美国、加拿大、澳大利亚、英国、德国、法国、日本、韩国等。

2、按运营商划分：

Ø中国科技网(CSTNET)： 10477M

Ø中国教育和科研计算机网(CERNET)： 9932M

Ø中国联通互联网(UNINET)： 2951365M

Ø中国电信互联网： 4167789M

Ø中国国际经济贸易互联网(CIETNET)： 2M

Ø中国移动互联网(CMNET)： 15215M

3、山东科技大学2014年宽带出口带宽数为4500M

1.8 两个重要的新兴网络技术

云计算(Cloud Computing)是2006年以来在IT 行业兴起的一个概念，被誉为“革命性的计算模型”，是一种运行在计算机网络之上的分布式应用，云计算中的“云”指的是可以自我维护 and 管理的虚拟计算资源集合，通常是一些大型服务器集群，包括计算服务器、存储服务器和带宽资源等。

物联网(Internet of Things) 是指通过二维码识读设备、射频识别RFID (Radio Frequency IDentification)、全球定位系统GPS (Global Position System)、激光扫描器和红外感应器等信息传感设备与技术，实时采集任何需要监控、连接和互动的物体的声、光、电、热、力学、化学、生物、位置等各种信息，按约定的协议，把任何物体与互联网相连接，进行信息交换和通信，以实现人与物和物与物的相互沟通 and 对话，对物体进行智能化识别、定位、跟踪、管理和控制的一种信息网络。

本章要点

- P 计算机网络定义及基本特征
- P 三种交换方式
- P 计算机网络分类
- P 多层通信实质
- P 面向连接服务与无连接服务
- P OSI与TCP/IP协议的分层及各层功能
- P 部分单词缩写含义

作业

P31

1—3 1—8 1—17