

# 计算机网络及应用

## Computer Networks and Applications

### 第一讲 计算机网络和因特网

课程介绍、因特网、协议、网络边缘、网络核心、 分组交换  
网中的时延和丢失、协议层和服务模型

主讲：中国海洋大学 唐瑞春

教材：计算机网络（第7版），谢希仁

致谢 清华大学 夏俐  
课件制作 流媒体实验室的研究生

# 教师和助教

## 唐瑞春

中国海洋大学计算科学与技术系 网络与数字流媒体研究室

办公室：信息科学与工程学院南楼B405

电话：13153206505

邮箱：tangruichun@126.com

## 赵志鹏

QQ：965596848

邮箱：zhaozhipeng@stu.ouc.edu.cn

# 教学规则

## □ 课堂纪律

- 不迟到、不早退
- 举手发言&点名提问，可加分

## □ 作业和实验

- 学术诚信要求
  - 不抄袭
    - 认定抄袭的双方，此次作业判0分
    - 可以讨论，按照自己的理解写出来
- 按时提交作业

2023年计网

群号：545204231



# 评分原则（是否需要调整）

- 平时作业（4-6次） 10%
- 英文文献阅读 10%
- 实验（4次） 15%
- 大作业 15%

2~3人一组，报告中详细注明各人贡献

内容：微信小程序开发 NS3搭建 金融It项目开发（可选做）

- 期末考试 50%

# 读书

- 分析重点知识点
- 共识问题：知识点散，不知该如何复习？

- 计算机网络在信息时代的作用
- 什么是因特网——网络的网络，网络实例
- 因特网组成——因特网的边缘，因特网的核心
- 计算机网络的性能——性能指标
- 计算机网络体系结构

- 协议与服务

# 协议层及其服务模型

因特网是非常复杂的!

- 许许多多“组件”
  - 主机
  - 路由器
  - 各种介质的链路
  - 应用程序
  - 硬件、软件

问题:

有没有可能组建一个有序的网络体系结构?

.....

或者至少我们可以对这样的体系结构进行讨论?

假设由你来设计互联网...



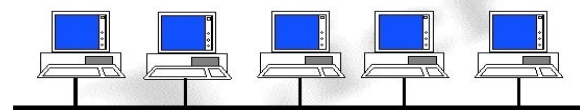
- 协议与服务
- 协议的重要性体现在其网络的复杂性

# 网络拓扑结构的复杂性



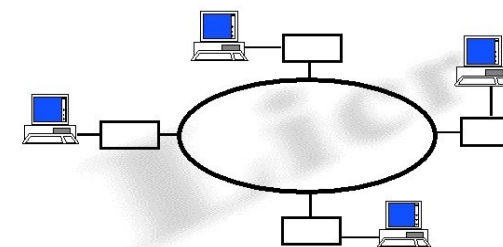
Bus: 10Base2 Ethernet

总线型



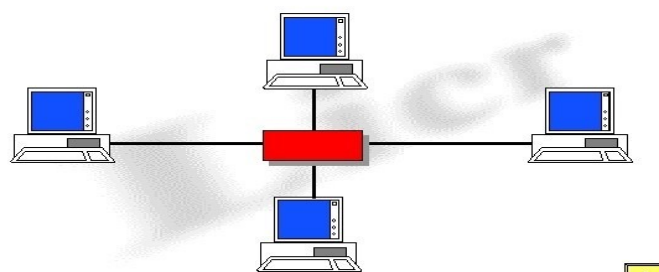
Ring: Token Ring

环型



- 总线型
- 星型
- 环型
- 树型
- .....

星型



Star: Switch-Based Ethernet

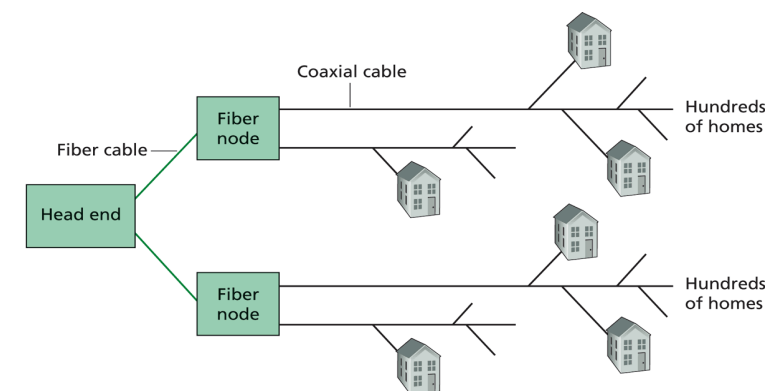


Figure 1.10 ♦ A hybrid fiber-coaxial access network

Tree: HFC

# 网络服务的复杂性

- ❑ 分布式应用: telnet, FTP, email, streaming data, real-time audio/video, distributed games, web surfing, etc.
- ❑ 面向连接的 v.s. 无连接的 → IP 协议
  - TCP v.s. UDP
- ❑ 尽力而为传送服务(Best-effort delivery)

3次握手  
(可靠)

4次挥手  
(可靠)

- 协议与服务
- 协议的重要性体现在其网络的复杂性
- 网络的复杂性决定着设计的重要性
- 这是一个哲学问题

# 因特网的设计原则



By Cerf and Kahn, 1974

([Vinton Cerf](#), [Robert Kahn](#), *A Protocol for Packet Network Intercommunication*, IEEE Trans. on Communications Technology, May 1974, 5: 627-641)

Dr Vinton Cerf visiting Tsinghua, 2007/3/1 <http://news.tsinghua.edu.cn/new/news.php?id=14770>

- 最简单与自治 Simplest and autonomous
- 尽量递送 Best-effort delivery
- 无状态路由选择 Stateless routing 必考
- 分散控制 Distributed control

讨论: 为什么要选择这些原则?

- 协议与服务
- 协议的重要性体现在其网络的复杂性
- 网络的复杂性决定着设计的重要性
- 也决定了网络体系结构的重要地位
- 这依然是一个哲学问题

# 体系结构 – 理解和开发因特网的方法

## (1) 为什么要有体系结构?

- ▣ 在一次数据传送中有哪些类型的活动？设想你在编程
  - 发送方
    - 激活通信链路
    - 告诉网络如何识别接收方
    - 确信接受方已经准备好接收数据和处理文件
  - 接收方：由于可能产生错误（差错、丢失、重复），  
如何保证数据传送的正确性
- ▣ 需要一个框架来保证因特网上主机对（发送方和接收方）之间的所有这些活动的正常进行

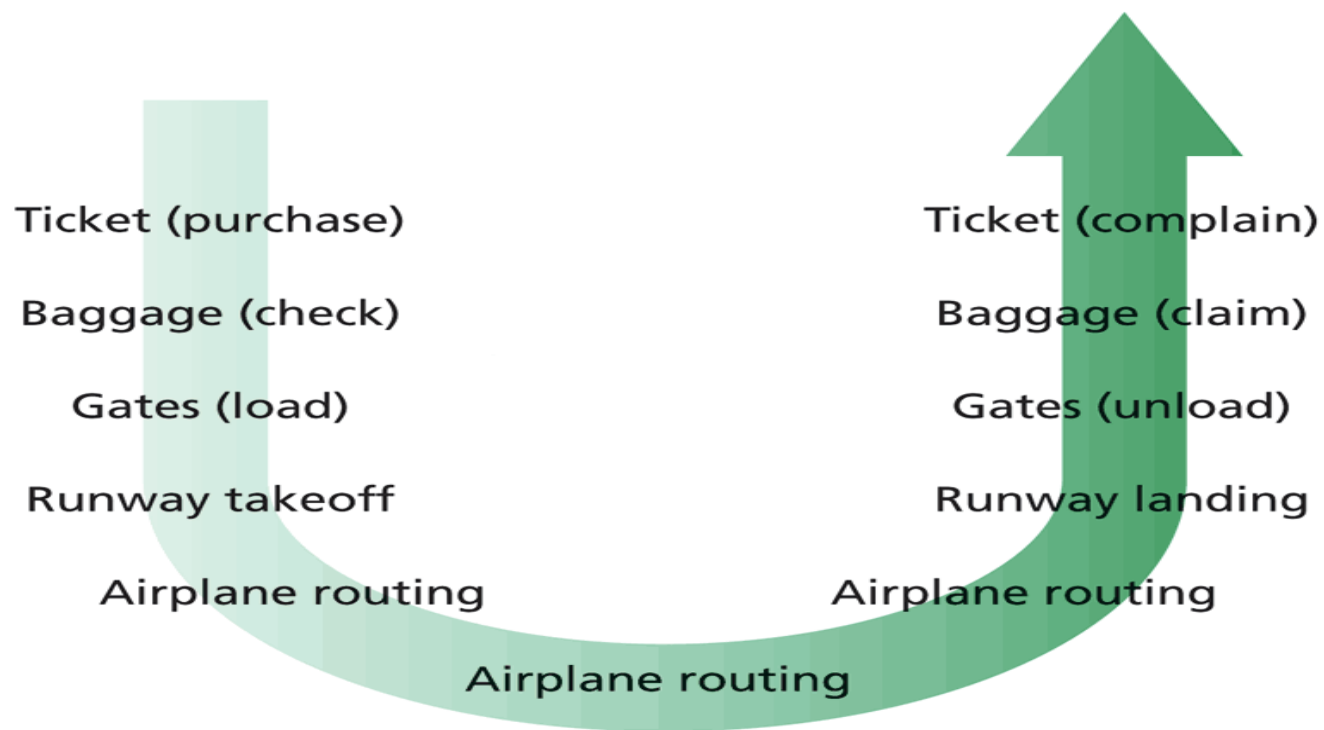
解决方案：分层的网络体系结构

- 协议与服务
- 协议的重要性体现在其网络的复杂性
- 网络的复杂性决定着设计的重要性
- 也决定了网络体系结构的重要地位
- 网络体系结构的重要体现——分层次管理

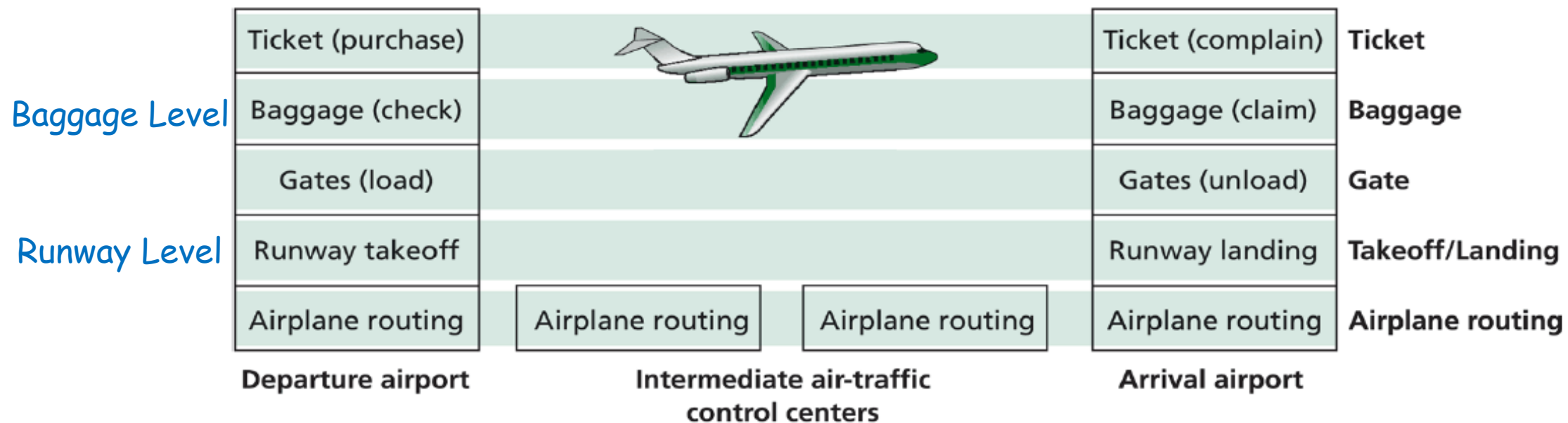


# 分层的网络系统的例子

## 乘飞机旅行



**Figure 1.15** ♦ Taking an airplane trip: actions



复杂人造系统

► Horizontal layering of airline functionality

**Baggage Level:** 实现从行李托运到取行李的功能；仅对买了票的人提供服务

**Runway Level:** 实现从起飞到降落的功能；仅对已经坐进飞机的人提供服务。

**层次:** 每一层实现一种服务，分层协作，各司其职

- 通过本层内部的相互作用
- 依靠由低一层提供的服务

# 为什么要分层？



处理复杂系统的基本思路

- ▣ 明确的结构易于分辨复杂系统的各个“片段”及其相互关系
  - 分层参考模型
- ▣ 模块化易于系统的维护和升级
  - 层次实现是独立的，对系统其余部分是透明的
  - 如果第n层的实现改变了，而提供的服务不变，则整个系统的剩余部分无需改变
- ▣ 有什么缺点？
  - 功能重复；效率降低

- 协议与服务
- 协议的重要性体现在其网络的复杂性
- 网络的复杂性决定着设计的重要性
- 也决定了网络体系结构的重要地位
- 网络体系结构的重要体现——分层次管理
- 上述思想如何实现：协议，如何具体在网络传输中实现：控制字段

# 报头 (Header s)



Control sits here.

## □ 报头(首部)

- 识别(Identification): 版本、长度、协议
- 寻址(Addressing): 源 & 目的
- 控制(Control): 优先级、TTL、分段、校验和

## □ IP 报头, MAC报头, TCP报头...



# 网络服务模型

书1.7.4

- 实体: hosts, procedures进程
- 协议: horizontal, peer-to-peer
- 服务: vertical, layer-to-layer
- 服务接入点

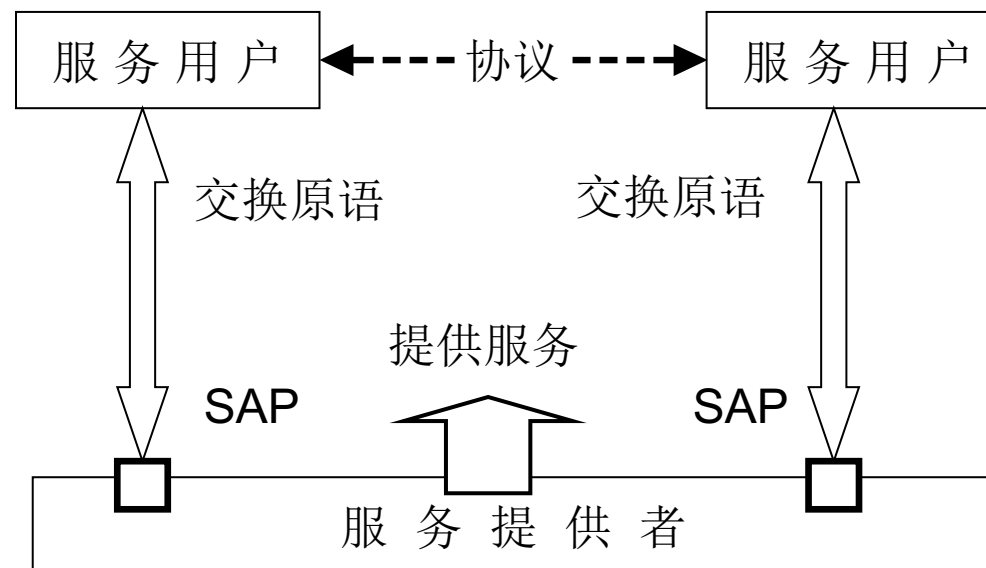


图2-4 相邻两层之间的关系

(Service Access Point):

HTTP port= 80,

IP=166.111.8.28...

问题: 糟糕的协议: 不见不散

著名的协议: 蓝军 v.s. 白军 P32 例1.1

## 蓝军白军问题 1.7.4 例1-1



占据两个山顶的蓝军与驻扎在这两个山之间的山谷的白军作战。其力量对比是：一个山顶上的蓝军打不赢白军，但两个山顶的蓝军协同作战则可战胜白军。问能否设计出一种协议使得蓝军能够实现协同作战且一定（100%）取得胜利？

答：不能设计出一种协议使得蓝军能够协同作战且100%取得胜利，原因：

- 1、假设蓝军1号向蓝军2号发送信息，确定协同作战的攻打时间。假设蓝军2号正确收到该信息，同意该建议，并向蓝军1号发送回信，如果蓝军1号没有收到回信，他就不会发动进攻；
- 2、如果蓝军1号正确收到回信，此时蓝军2号由于不能确认回信是否正确到达，他也不敢贸然发动进攻，二者仍然不能协同作战；
- 3、如果采用三次握手方法改进这一协议，让最初提建议的蓝军1号必须对蓝军2号的回信进行确认。假若确认信息没有丢失，蓝军2号收到该信息，那么，蓝军1号又开始犹豫起来，因为他也不知道他的确认信息是否安全到达
- 4、采用四次握手协议，结果是一样的，因为最后发出信息者永远无法确定该信息是否能安全到达。所以**不存在这样一个协议，使蓝军能协同作战且100%胜利。认为任何时候都有可能在最后一刻功亏一篑**

- 协议与服务
- 协议的重要性体现在其网络的复杂性
- 网络的复杂性决定着设计的重要性
- 也决定了网络体系结构的重要地位
- 网络体系结构的重要体现——分层次管理
- 上述思想如何实现：协议，如何具体在网络传输中实现：控制字段
- 什么是协议？



# 什么是协议 (Protocol)? 1.7.2

## 人类协议

- “现在几点了?”
- “我有个问题”
- 自我介绍

… 特定的发送**报文**

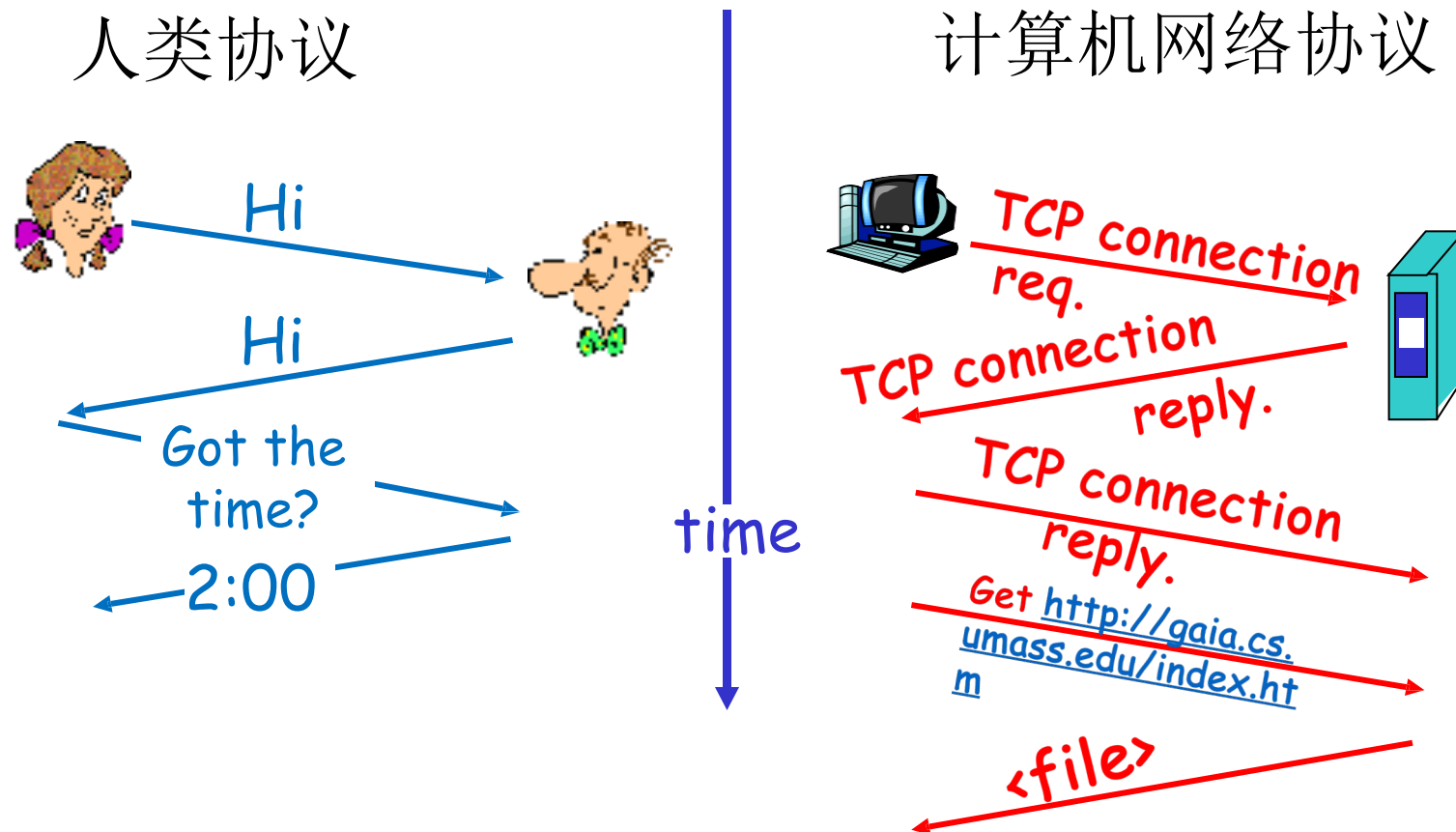
… 当收到**报文**或其他事件发生后所采取的特定的**动作**

## 网络协议

- 针对机器而不是人
- 因特网上的所有通信活动都通过协议来控制

协议是一种网络通信的语言

# 什么是协议？



# 协议

选择题

\*

- **语法**：定义网络实体之间交换报文的**格式**和**次序**
- **语义**：定义报文发送/接收以及其它事件所采取的**动作**
- **同步**：规定收发双方按照正确数据**顺序**完成完整数据的发送和接收，规定发送数据的计算机按照什么顺序发送，接收数据的计算机按照什么顺序接收，使他们保持同步（It didn't pass the exam）

## 举例说明协议 IEEE 802.3 局域网协议

□ IEEE 802.3通常指以太网，是一种网络协议

在以太网标准中，802.3协议有两种工作模式：半双工和全双工

数据传输：通过在共享介质上采用载波监听多路访问/冲突检测（CSMA/CD）协议实现

□ 由三个基本单元组成：

- 1、物理介质：用于传输计算机之间的以太网信号
- 2、介质访问控制规则：嵌入在每一个以太网接口处，从而使计算机可以公平的使用共享以太网信道
- 3、以太帧：由一组标准比特位构成，用于传输数据，帧的格式和协议的构成与使用

## 结合802.3协议分析语法、语义和同步

□语法：10/100Mbps以太网中的基本IEEE802.3MAC数据帧格式如下：

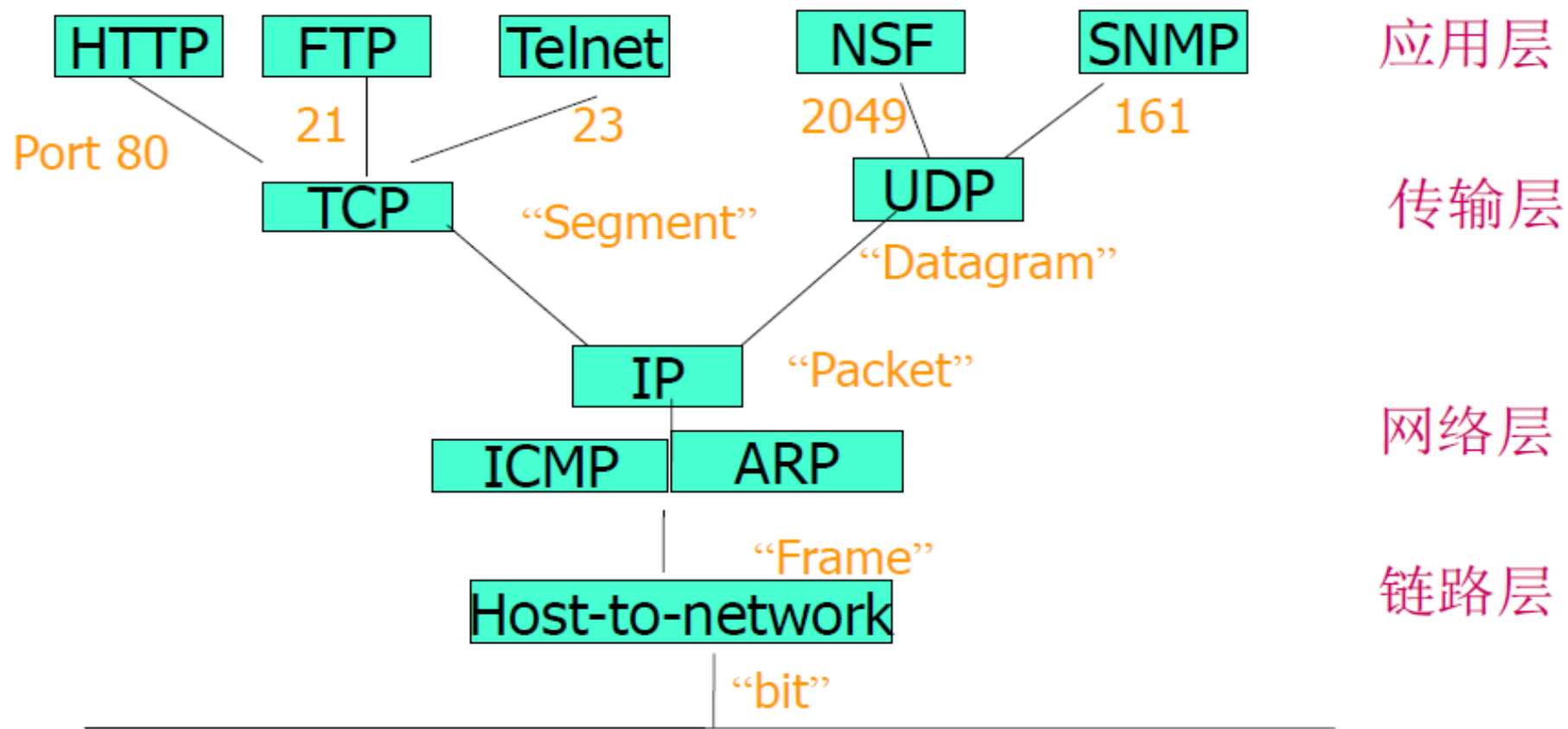
7 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	6 <sup>o</sup>	6 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	46-1500 bytes <sup>o</sup>	4bytes <sup>o</sup>
Pre <sup>o</sup>	SFD <sup>o</sup>	DA <sup>o</sup>	SA <sup>o</sup>	Length/Type <sup>o</sup>	Data unit + pad <sup>o</sup>	FCS <sup>o</sup>

□语义：数据帧中每个字段的含义

□同步规则：先听后发，边发边听，冲突停止，延迟重发

- 协议与服务
- 协议的重要性体现在其网络的复杂性
- 网络的复杂性决定着设计的重要性
- 也决定了网络体系结构的重要地位
- 网络体系结构的重要体现——分层次管理
- 上述思想如何实现：协议，如何具体在网络传输中实现：控制字段
- 什么是协议？
- 因特网的协议栈是怎样的？

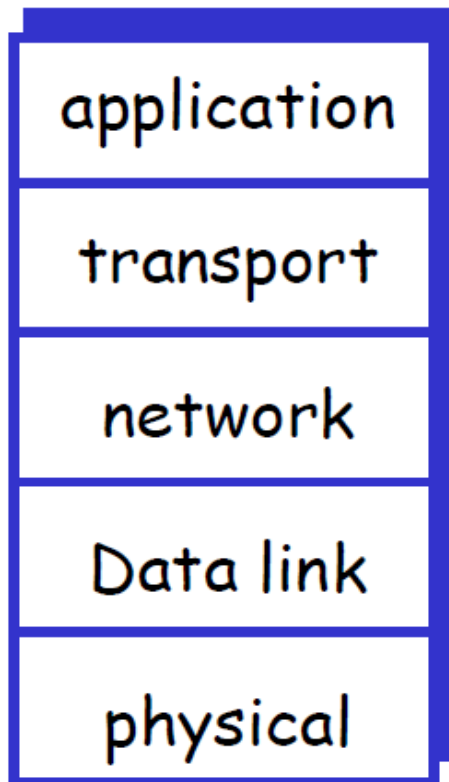
# 因特网协议栈



例如：Ethernet

思考：为什么要有端口号？

# 因特网协议栈 1.7.3



极端情况：设计一个实现点对点连接的两个主机之间的某种特定通信，需要哪些协议？可以很简化

- **应用层** : application-application  
支持网络应用
  - HTTP, SMTP, FTP
- **传输层** : process-process  
进程和进程之间的数据传输
  - TCP, UDP, congestion control
- **网络层**: host-host  
数据报从信源到信宿之间的路径选择
  - IP, ICMP, routing protocols
- **数据链路层**: link-link  
相邻网络节点间的线路上无差错的数据传送
  - addressing, synchronization, error detection, traffic control,
  - PPP, Ethernet
- **物理层**: 比特流控制



# ISO/OSI参考模型（早期定义）

## □ 表示层

- 允许应用解释数据的含义，如封装、压缩、加密、特殊约定

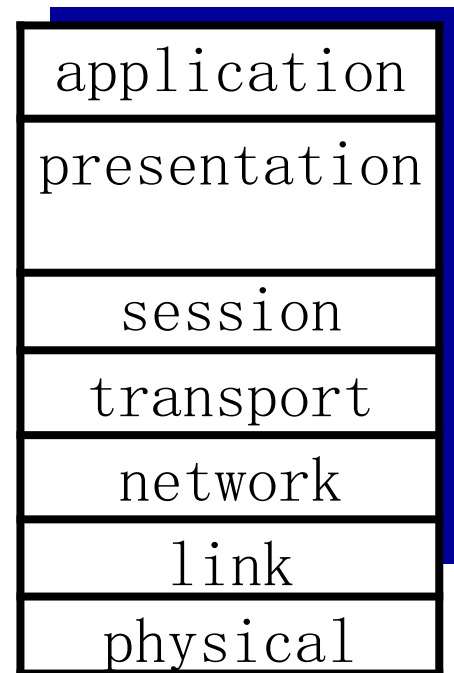
## □ 会话层

- 数据交换的同步、检查恢复等

## □ 因特网没有这两层！

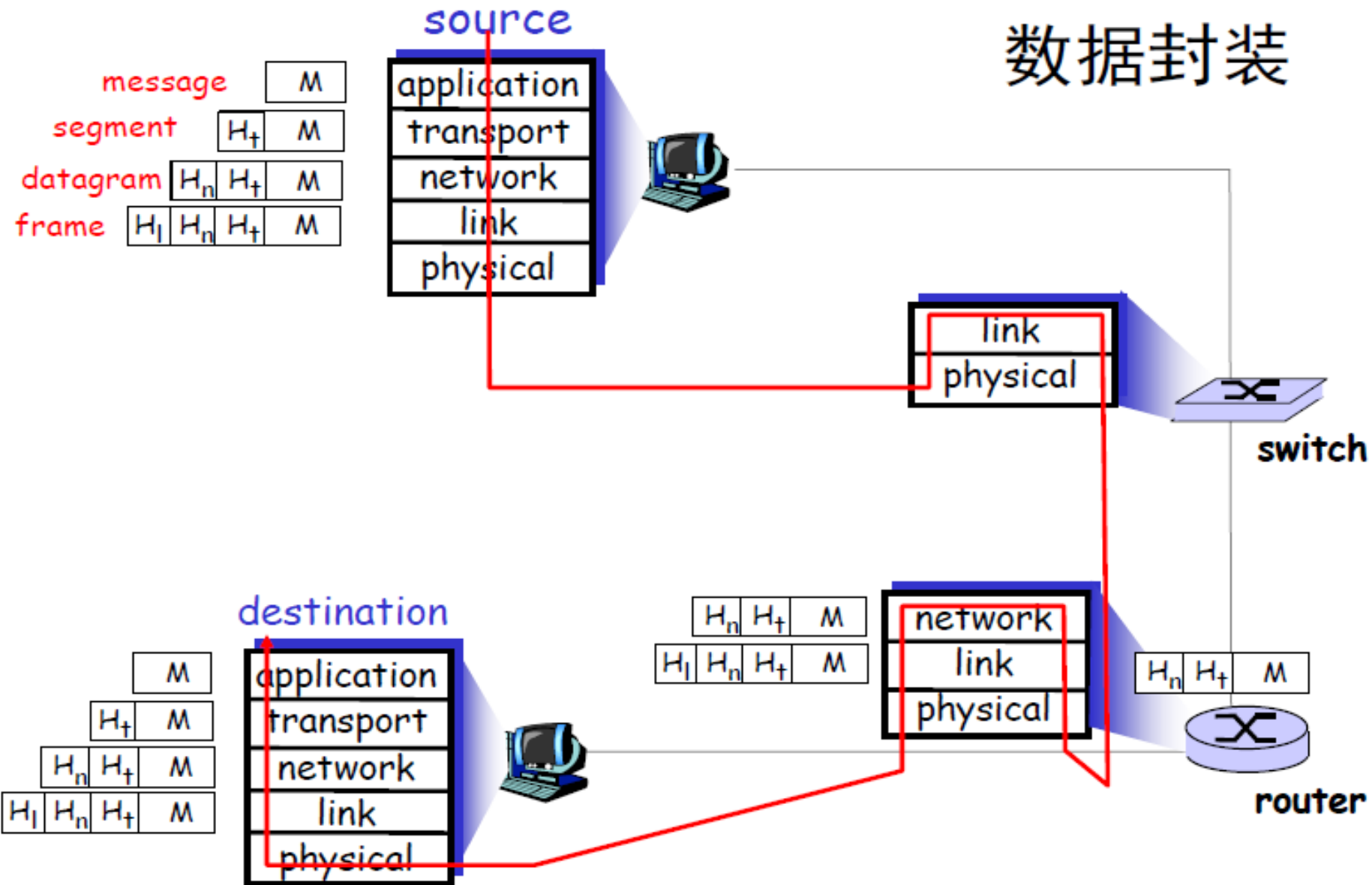
- 如果需要，这些服务可在应用层实现
- 需要吗？

■ 每个像素使用3字节表示 RGB 支持 $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ 种颜色  
一幅 $640 \times 480$  24位彩色图像921.6KB，NTSC制式25帧 / 秒，22.5MB / 秒



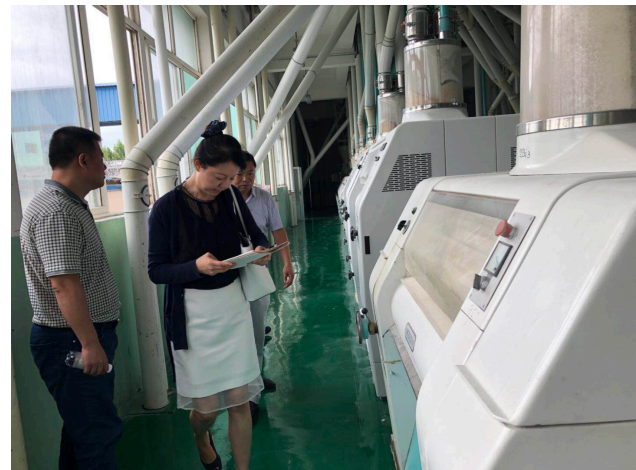
考试  
会考

# 数据封装



# 因特网三要素

设备 协议 服务

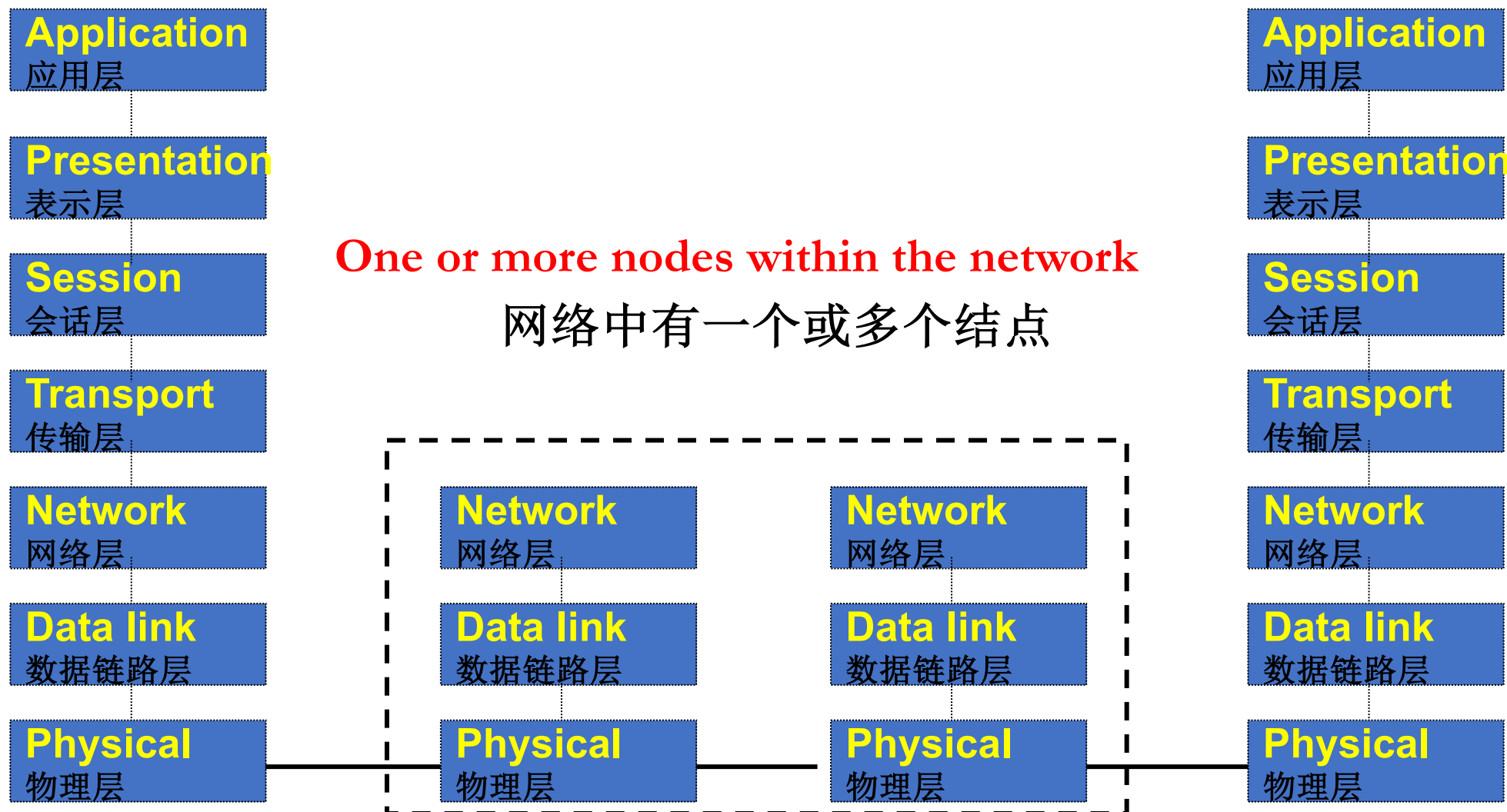


# 企业网络分层结构(ISO/FA模型)

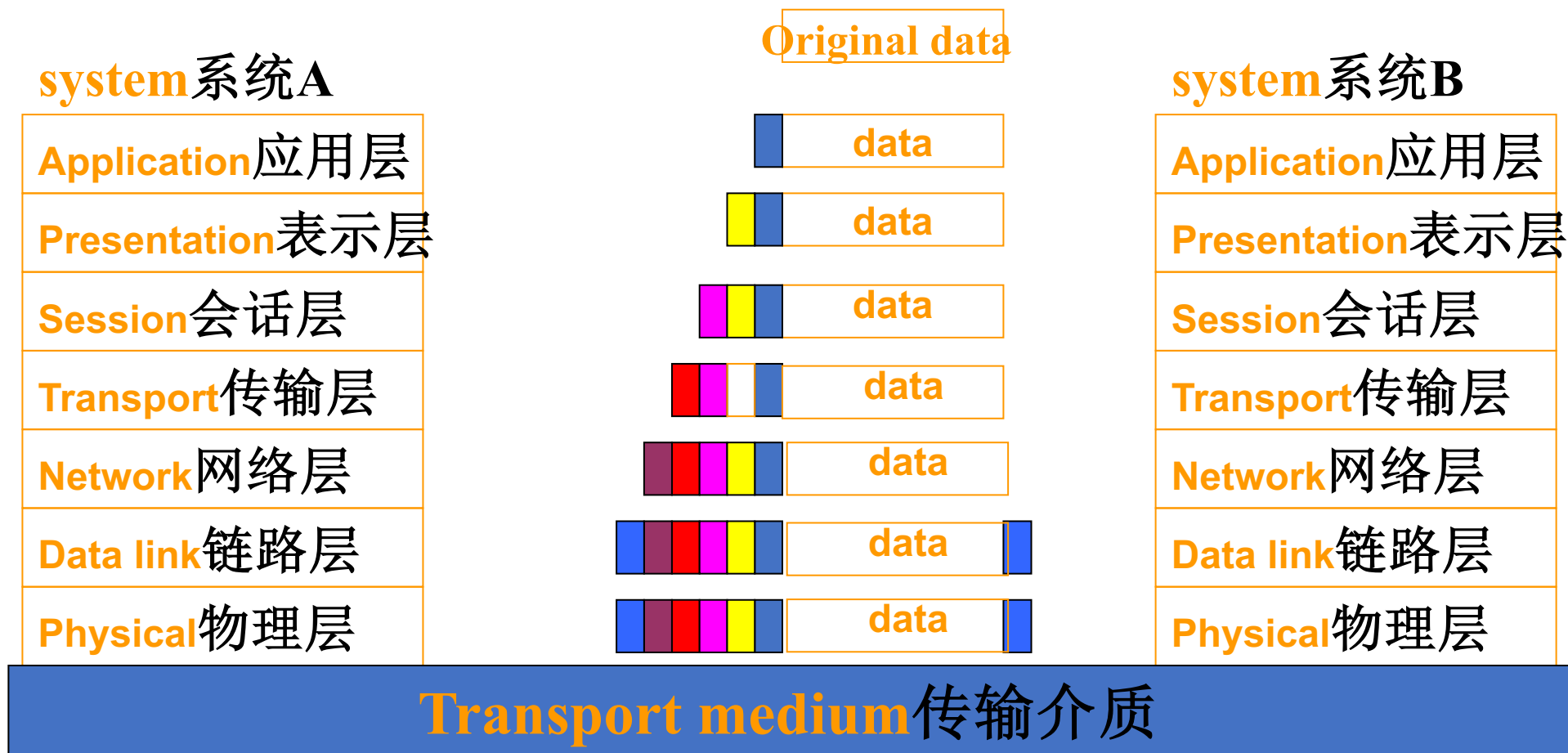
层次	机构	管理控制范围	职责	基本功能
6	公司级	公司全面管理	完成公司的任务、进行全面管理	公司管理、财务、市场和销售、研究与开发
5	工厂级	计划、生产	实现企业功能，计划和调度生产	产品设计和工艺、厂级生产管理、厂级资源管理、厂级设备管理、厂级产品制造
4	车间部门	分配管理原材料和资源	协调生产和提供作业，获取并分配资源	部门级生产管理、部门级资源管理、部门级设备管理、部门级产品制造、装运发货、废次品处理
3	单元级	协调多台机器的运转和操作	编排和管理车间下发的作业，监督各种支持服务	单元级车间生产
2	工作站级	发送机器工作命令	智慧和协调从车间设备的工作	工作站级车间生产
1	设备级	启动机器	实现对车间设备的各种命令	设备级车间生产

# 开放系统互联参考模型OSI/RM(ISO 7498-1)

# 1994



# 开放系统互联参考模型OSI/RM(ISO 7498-1)(续)



其中:  is protocol of application 为应用层的协议  
 is protocol of presentation 为表示层的协议

# 2014 研究生入学全国统一考试题



### 单选 33题

•在OSI参考模型中，直接为会话层提供服务的是

- A.应用层
- B.表示层
- C.传输层
- D.网络层

•答案：C

• 读 书

- Homework: 3, 5, 10, 13, 14, 17, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30
- 计算机网络有哪几部分组成?