



## 第2章

# 网络体系结构

# Network Architecture

设计、制作、讲授：谭献海



**Email:** [xhtan@home.swjtu.edu.cn](mailto:xhtan@home.swjtu.edu.cn)

## 2 计算机网络体系结构

### 本章主要内容：

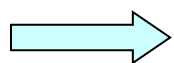
- ☐ 网络层次结构的概念
- ☐ 从实际需要考察网络体系结构
- ☐ OSI/RM 体系结构
- ☐ ARPANET (TCP/IP) 体系结构
- ☐ 其它网络体系结构简介



# ■ 网络层次结构 的概念

# 计算机网络的复杂性

- 通信媒体：电子、光
- 链路：光纤、铜线、卫星 ...
- 交换：机械/电/光, 交叉/Banyan
- 协议：TCP/IP, Ethernet, PPP, X.25, FrameRelay, MPLS , ATM , SONET, AppleTalk, IPX, SNA
- 功能：routing, error control, congestion control, Quality of Service (QoS)
- 应用：FTP, WEB, EMAIL, BBS,...

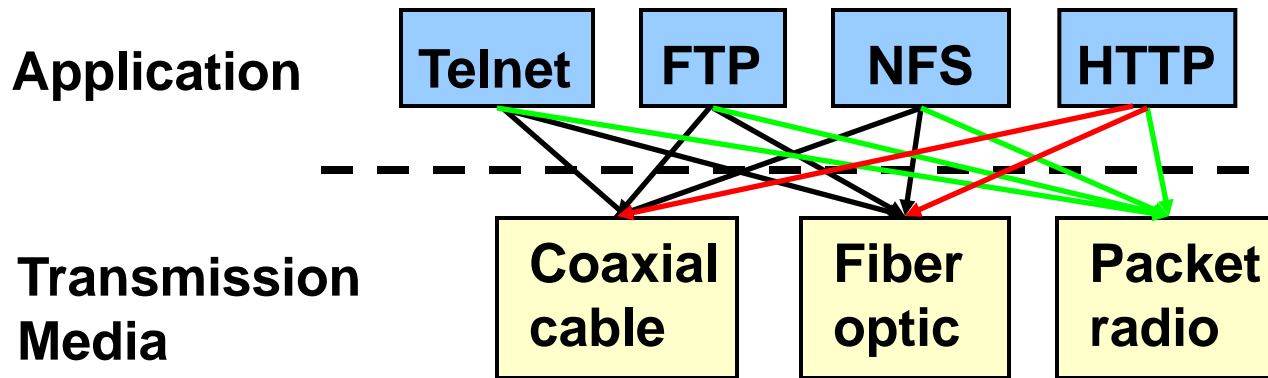


分而治之：划分成小的子系统来处理

“**divide and conquer**” approach

网络层次结构

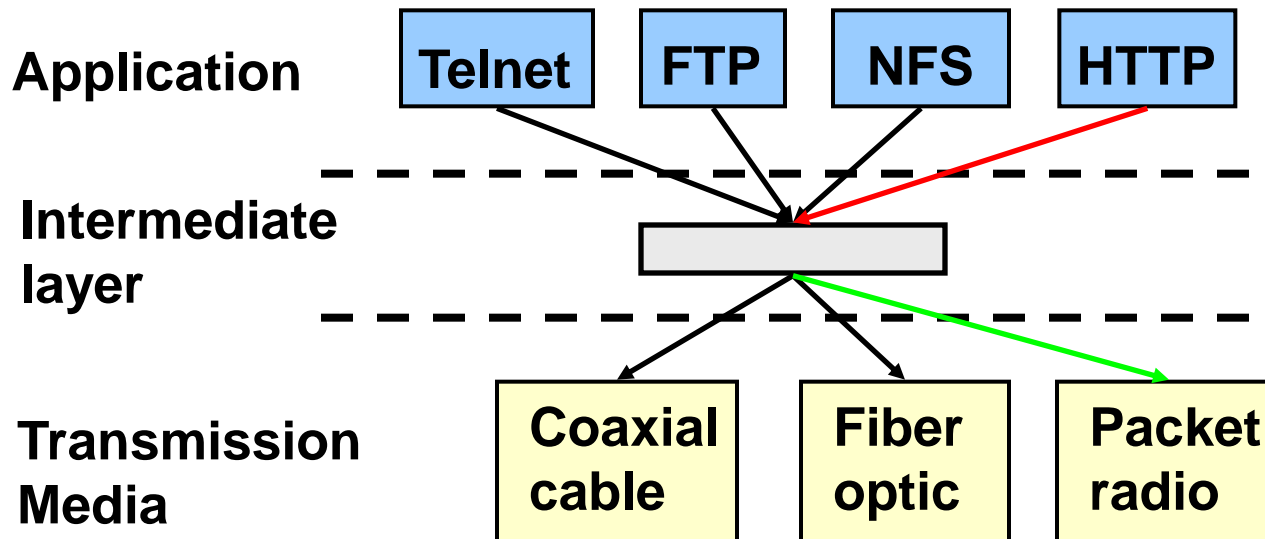
# Why Layering?



- No layering: each new application has to be **re-**implemented for every network technology!

# Why Layering?

- Solution: introduce an intermediate layer that provides a **unique** abstraction for various network technologies



# 分层的好处

- **独立性强**——上层只需了解下层通过层间接口提供的服务
- **灵活性好**——只要服务和接口不变，层内实现方法可任意改变
- **结构上可分割开**——各层可采用最合适的技术实现
- **易于实现和维护**
- **促进标准化**

# 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。
- 低层对高层而言是透明的。



## 层次结构要点

- 1) 网络应该具有哪些层次？每一层的功能是什么？  
(分层与功能)
- 2) 各层之间的关系是怎样的？它们如何进行交互的？  
(接口、服务、服务访问点、服务原语)
- 3) 通信双方的数据传输要遵循哪些规则？(协议)
- 4) 如何组织传输的数据格式？ PDU/SDU/IDU
- 5) 提供那些服务？ 面向连接、面向无连接
- 6) 著名的体系结构
  - OSI/RM (Open System Interconnection /Reference Model)
  - TCP/IP

# 协议 (*protocol*)

- 无以规矩不成方圆：干任何事情都要遵守相应的规则
- 比如，行车要遵守基本的交通规则：  
红灯停，绿灯行
- 同样，网络通信也要遵守相应的规则

# 协议 (protocol)

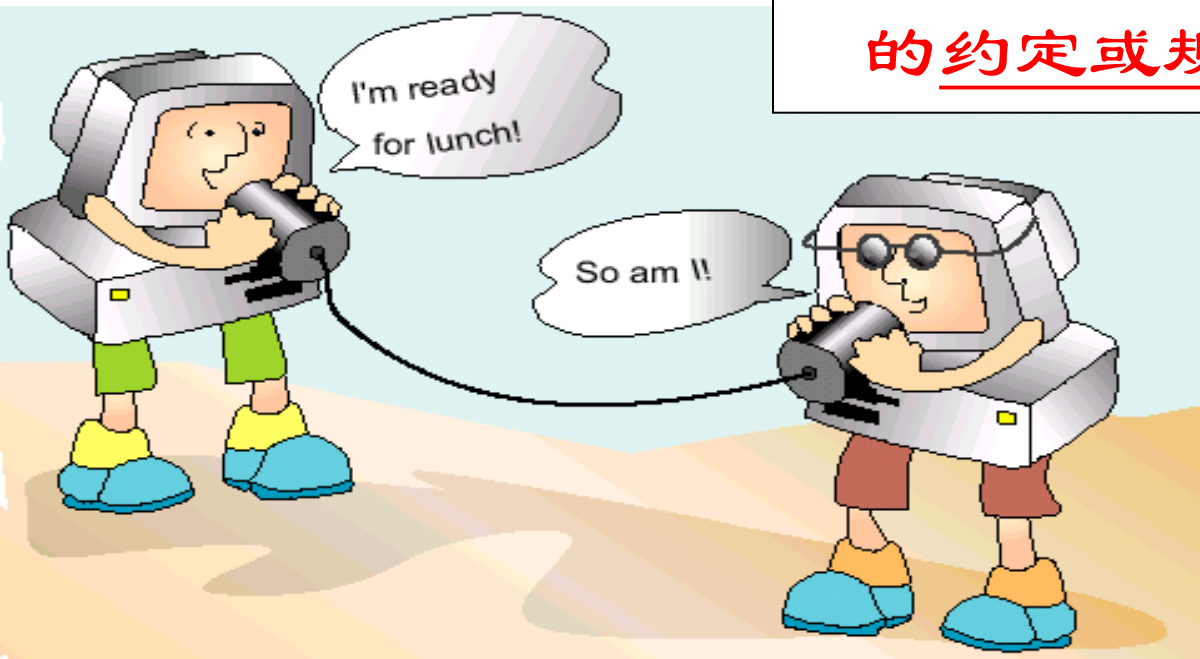
通信的关键是确保通信的双方能够相互理解:

人类语言: 主-谓-宾-状

(讲什么--如何讲--谁先讲, 谁后讲)

计算机网络: 报文格式-报文含义-发送顺序

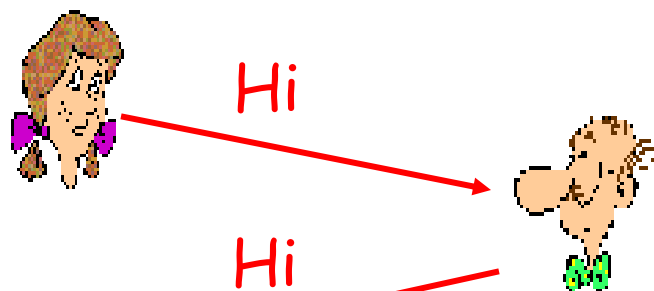
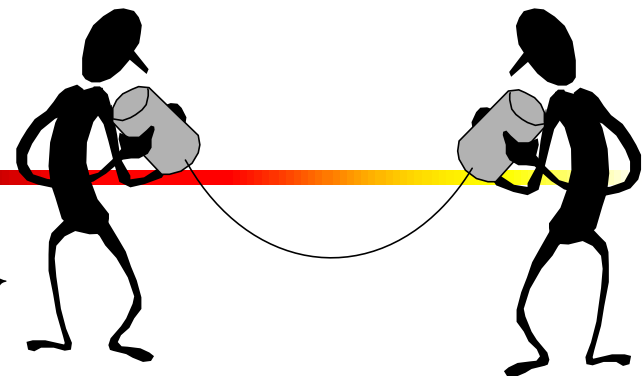
对等实体之间通信时所必须遵守的约定或规则称做协议



交流些什么,  
怎样交流,  
交流的顺序。

# 协议实例

## 人类协议与计算机网络协议



Got the time?

17:00

time

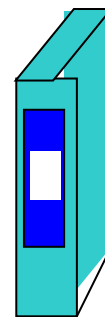


TCP connection  
~~req.~~

TCP connection  
reply.

Get <http://www.rpi.edu/index.htm>

<file>



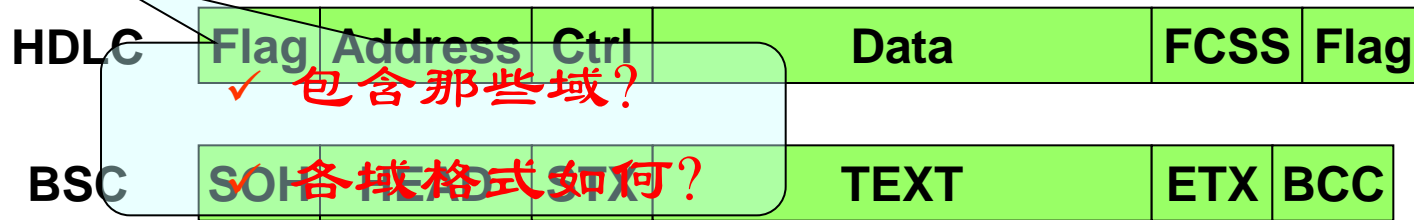
# 协议三要素

报文的含义是什么？是命令/响应？

- 比如, not-OK 报文表示接收方收到一个有错或重复的报文

1) Meaning of messages ( Semantics **语义：讲什么** )

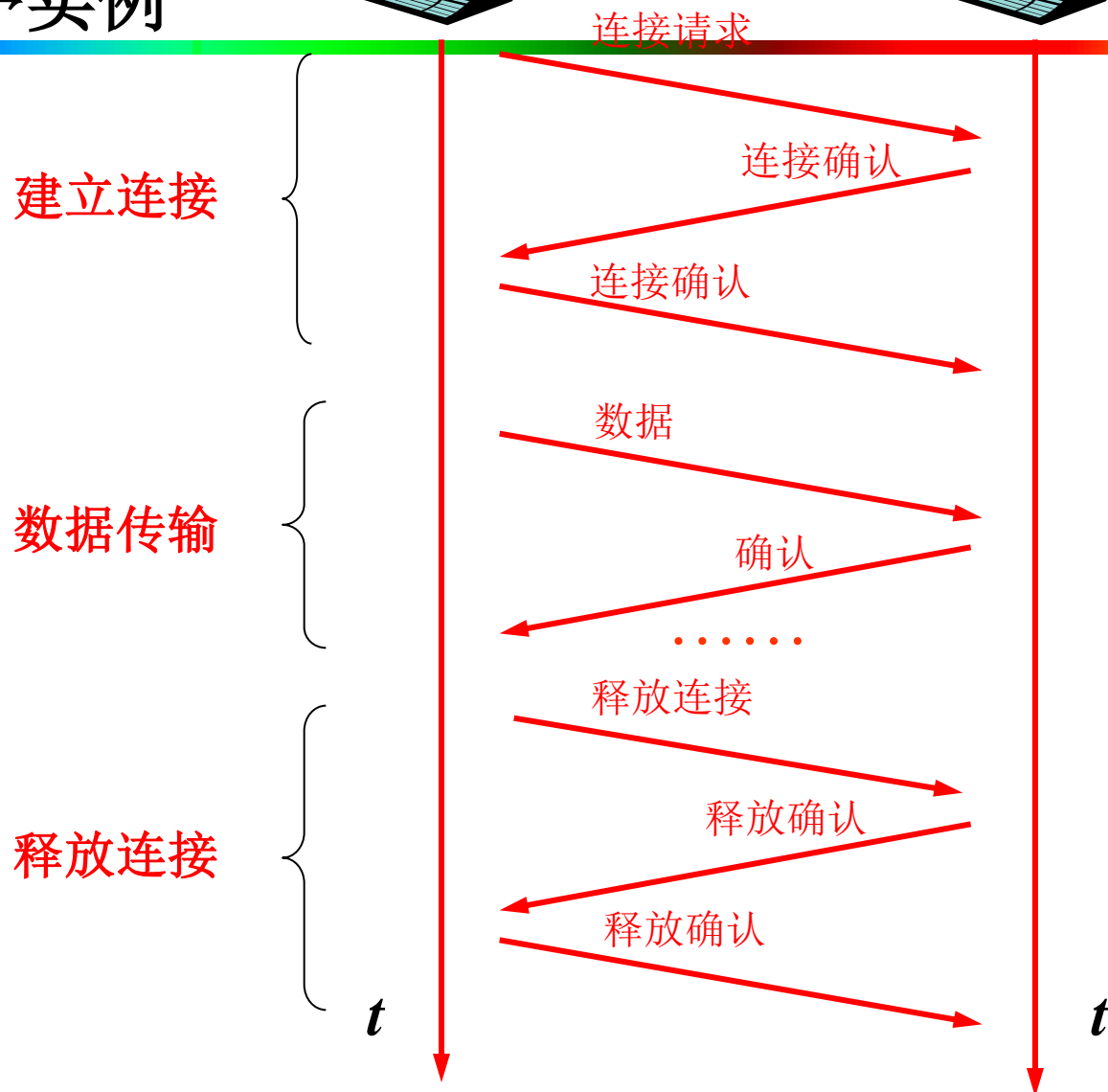
2) Format of messages ( Syntax **语法：如何讲** )



3) Procedure for handling problems ( Timing: **时序：何时讲** )

对事件实现顺序的详细说明。比如，收到not-OK报文后,应重发该报文

# ■ 面向连接服务的 的时序实例



# 协议的必要性

- ◆ **硬件只负责低层**（一般只负责数据的收发）
- ◆ **可能发生许多问题**
  - ◆ 比特出错或破坏
  - ◆ 报文丢失
  - ◆ 重复报文
  - ◆ 报文传送顺序错
- ◆ **需要采取措施来处理**
  - ◆ 一个网络连接多台计算机
  - ◆ 同一个计算机上运行有多个应用进程
  - ◆ 同一个计算机上的一个应用具有多个拷贝

**上述问题与措施就是协议的管辖范围**

# 网络体系结构

网络体系结构的定义：

计算机网络体系结构是对计算机网络系统的组成及各组成部分的相互关系与基本工作原理的抽象。

简单地说，网络体系结构就是分层结构与协议的集合。



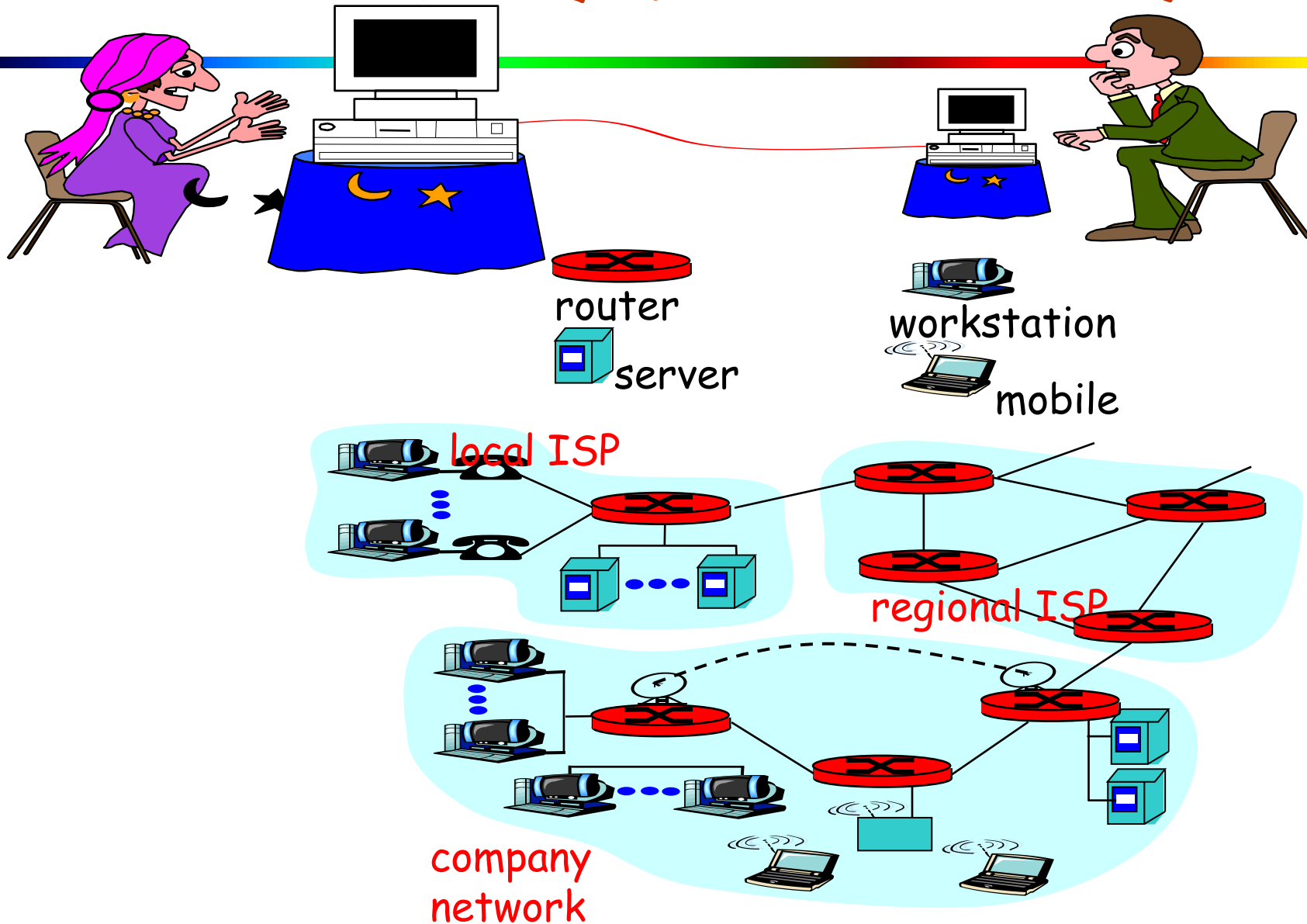
## 2.2 从实际考察网络的分层情况

### ■ 对于分层网络结构

### ■ 每一层都要明确该层：

- ① 主要任务（职责）是什么？
- ② 该层解决那些技术问题？
- ③ 如何解决这些技术问题？

## 2.2 从实际考察网络的分层情况



## 2.2 从实际考察网络的分层情况



首先考察通过理想线路（无差错）  
的两个相同的计算机如何互连？

物理层的**任务**: 负责在物理信道上传输比特流

01011001010

**解决的主要问题:**

所有这些内容都是物理相关的  
→ 物理层

要连接两台计算机, 必须明确:

- 1) 采用什么样的通信接口 (串/并/网络)
- 2) 通信接口如何定义 (数据、控制、定时、地) ?
- 3) 信号电平、比特宽度、连接距离、信道编码等如何定义 ?
- 4) 事件之间的时序关系如何 ?

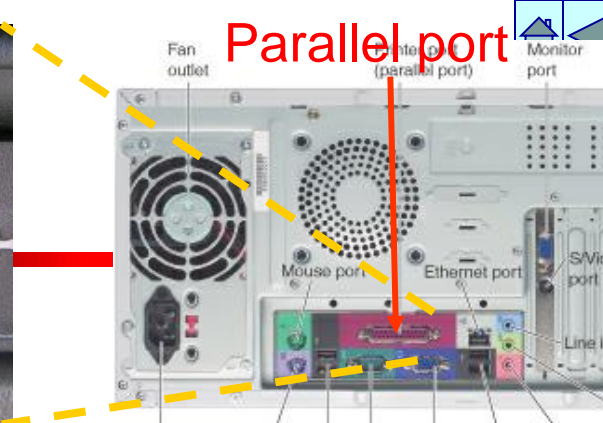
机械特性  
(Mechanical)

功能特性  
(Functional)

电气特性  
(Electrical)

规程 (过程) 特性  
(Procedural)

## 机械特性

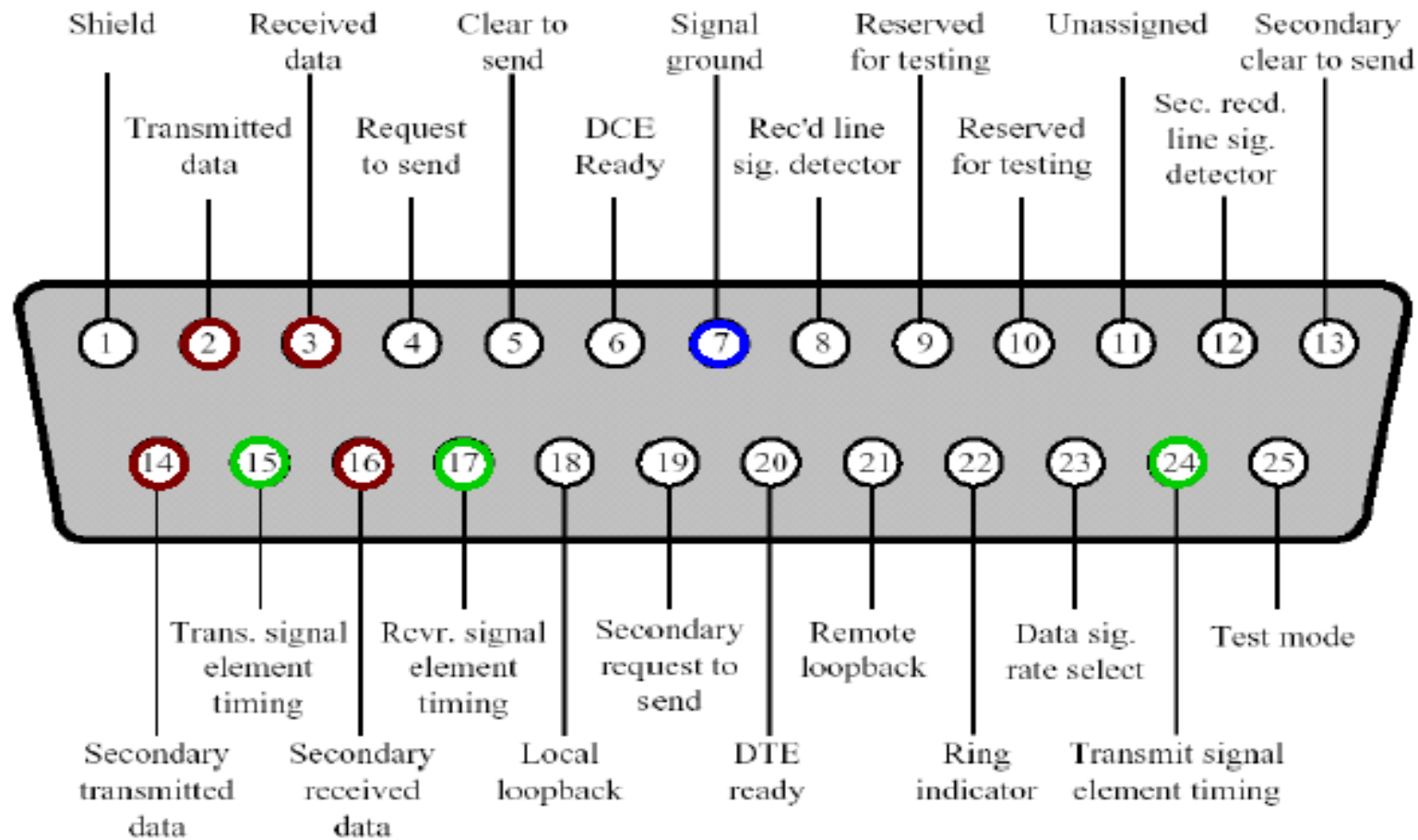


物理层的机械特性规定了物理连接  
时所使用可接插连接器的形  
器中引脚的数量与排列情况



- ☐ 并行口 (25芯)
- ☐ 串行口 (25芯、9芯; 针形、3)
- ☐ 网络接口 (以太网卡、X. 25网)
- ☐ ...

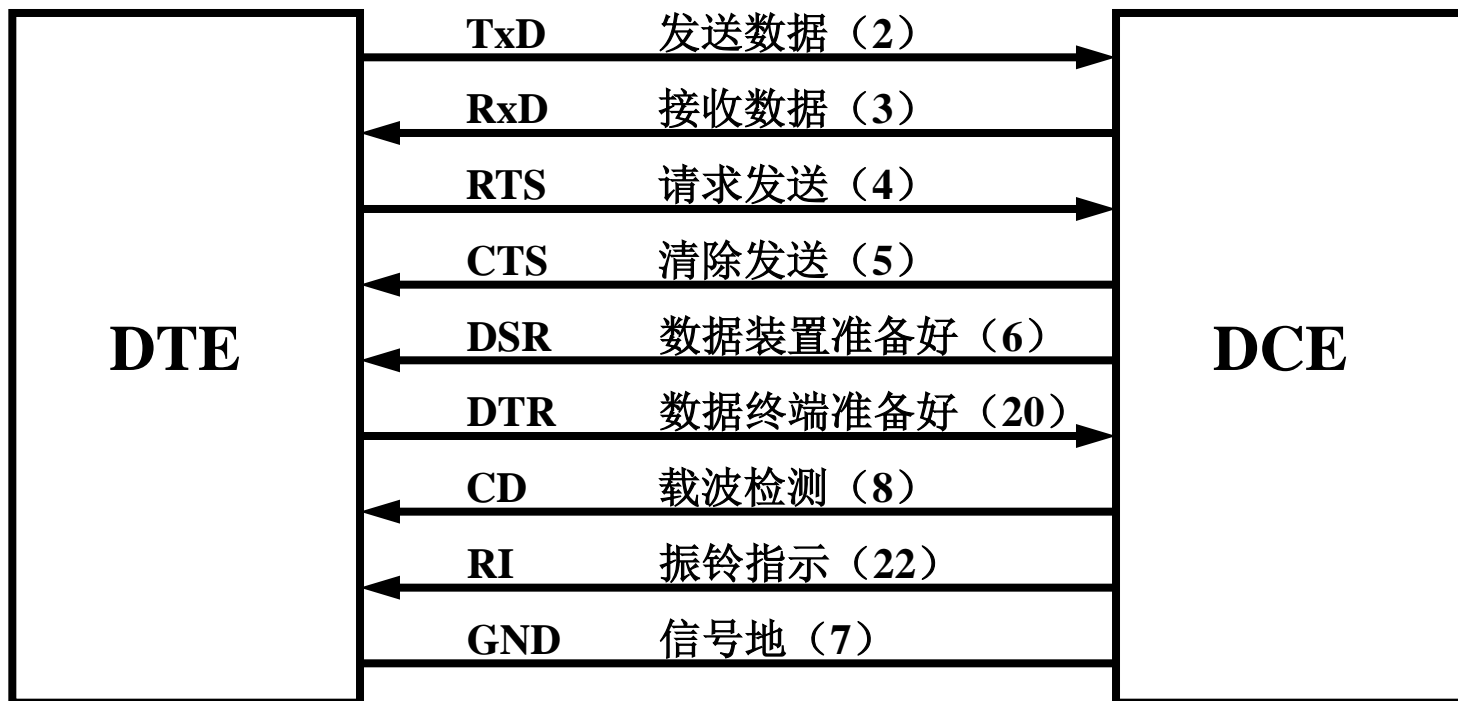
# 功能特性



引脚定义

# RS-232-C的功能特性

## ■ 常用的几个信号说明



# RS-232-C的功能特性

9芯		25芯
1	DCD	8
2	RD	3
3	TD	2
4	DTR	20
5	SG	7
6	DSR	6
7	RTS	4
8	CTS	5
9	RI	22



# 电气特性

## 数据信号

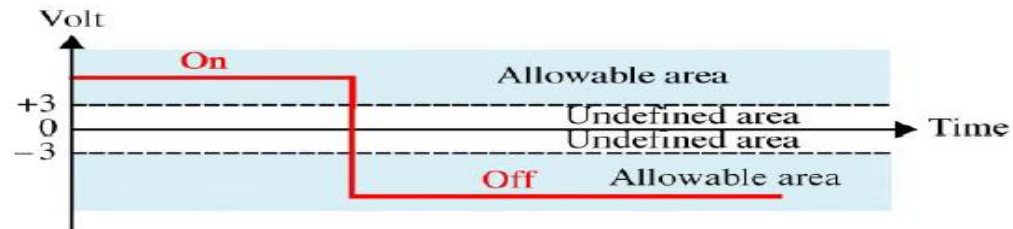
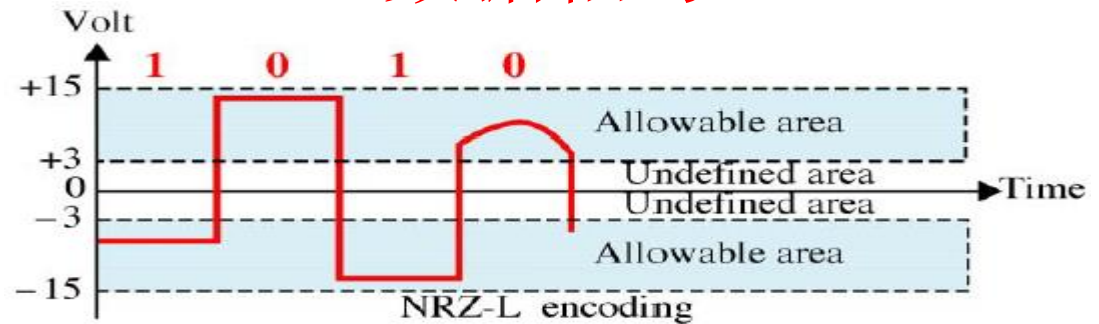
### ➤ 数据信号

➤ 负逻辑 “1”:  $-3\text{V} \sim -15\text{V}$ ; “0”:  $+3\text{V} \sim +15\text{V}$ ; (NRZ-L)

➤ 信号速率  $< 56\text{kbps}$

➤ 连线距离  $< 15\text{m}$

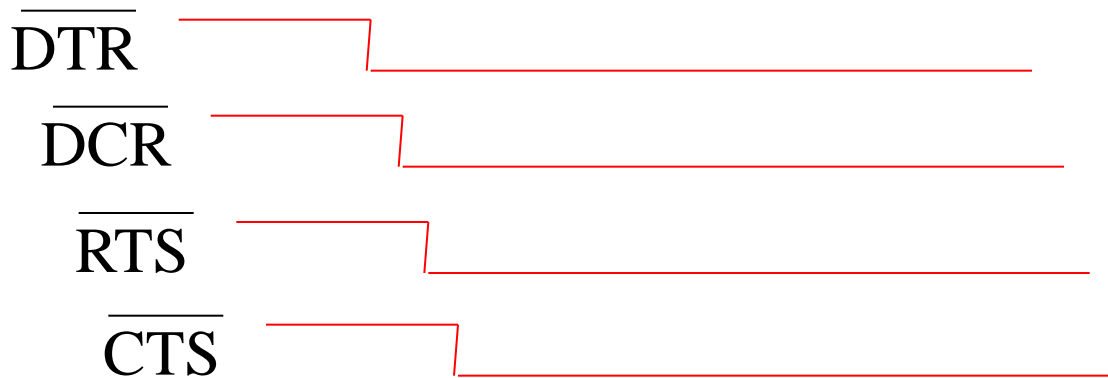
➤ 控制信号,  $-3\text{V} \sim -15\text{V}$ ;



## 控制信号

# 过程特性

**通信接口的规程性描述：**各接口信号线实现数据传输的过程和步骤的规定。即接口部件的信号线在建立、维持、释放物理连接和传输比特流的时序。如RS232

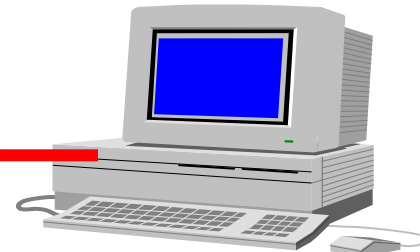
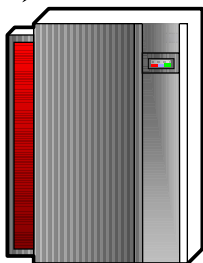


# 物理层没有解决的问题

在现实世界中，

- 非理想通信环境：“1”  
进行**差错控制**(检错与纠错)
- 物理层只管传送比特  
→ 如何定义所传输信息
- 连网的两台机器**速率不匹配** → 如何进行流量控制，以避免快的发送对慢的接收给淹没了。

为了解决这些链路问题，在物理层的基础上引入**数据链路层**

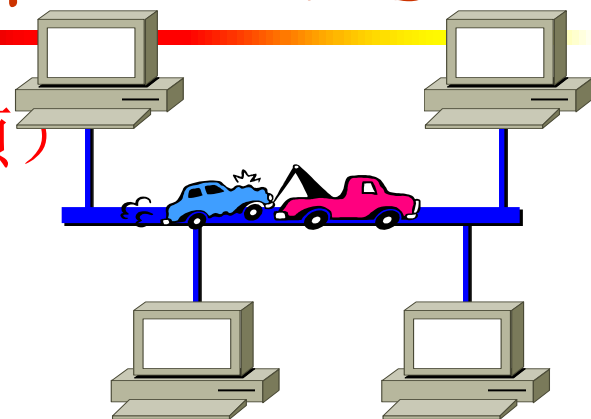


# 数据链路层的主要任务及解决的问题

数据链路层的主要任务是确保数据（帧）在链路上的可靠传输。

为了达到此目的，必须解决下列功能：

- 1) 信息含义的定义（帧格式的定义）、帧定界
- 2) 流量控制----以避免快的发送淹没慢的接收
- 3) 差错控制（错误检测，确认（捎带应答）、重传）
- 4) 共享信道(LAN or wireless) ----介质访问控制（MAC）
- 5) 链路连接管理（链路的建立、维护、释放）



## 同步序列

标志:同步结束,数据开始

## 上述比特流的含义

The diagram illustrates the structure of an Ethernet frame, showing the sequence of fields in a packet. The fields are represented by binary strings (0s and 1s) and are labeled with callouts:

- 以太网帧头 (Ethernet Header):** The first field, represented by a binary string.
- IP报头 (IP Header):** The second field, represented by a binary string.
- TCP报头 (TCP Header):** The third field, represented by a binary string.
- 数据 (Data):** The payload of the packet, represented by a binary string.

The diagram shows the frame structure as a sequence of these fields, with the Ethernet Header, IP Header, and TCP Header fields being highlighted in blue, and the Data field being highlighted in red.

# 以太帧头

# IP报头

# TCP报头

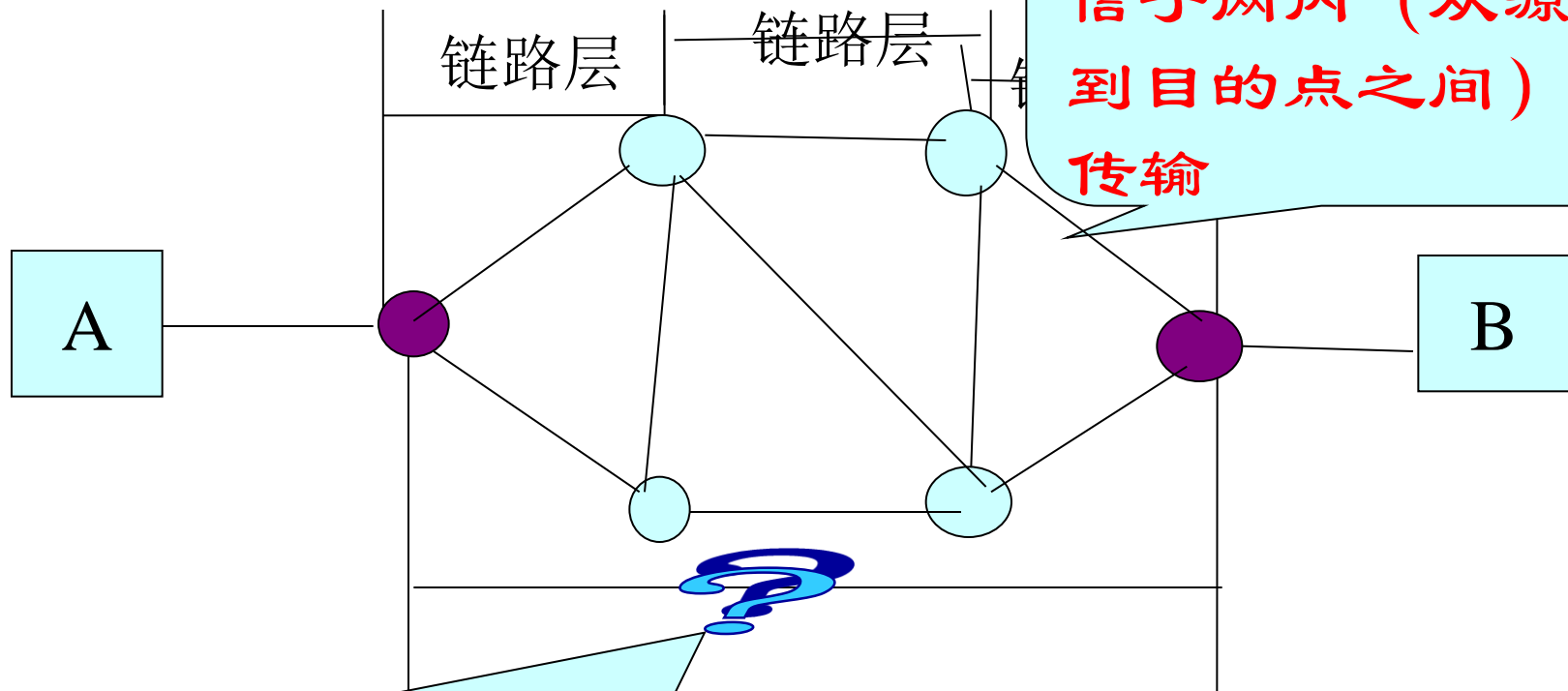
# 数据

# 流量控制

- 停等协议(Stop and Wait) ✓
- 滑动窗口协议(Sliding Window) ✓
- Leaky bucket/Token bucket
- 其它流量控制协议

# 链路层没有解决的问题

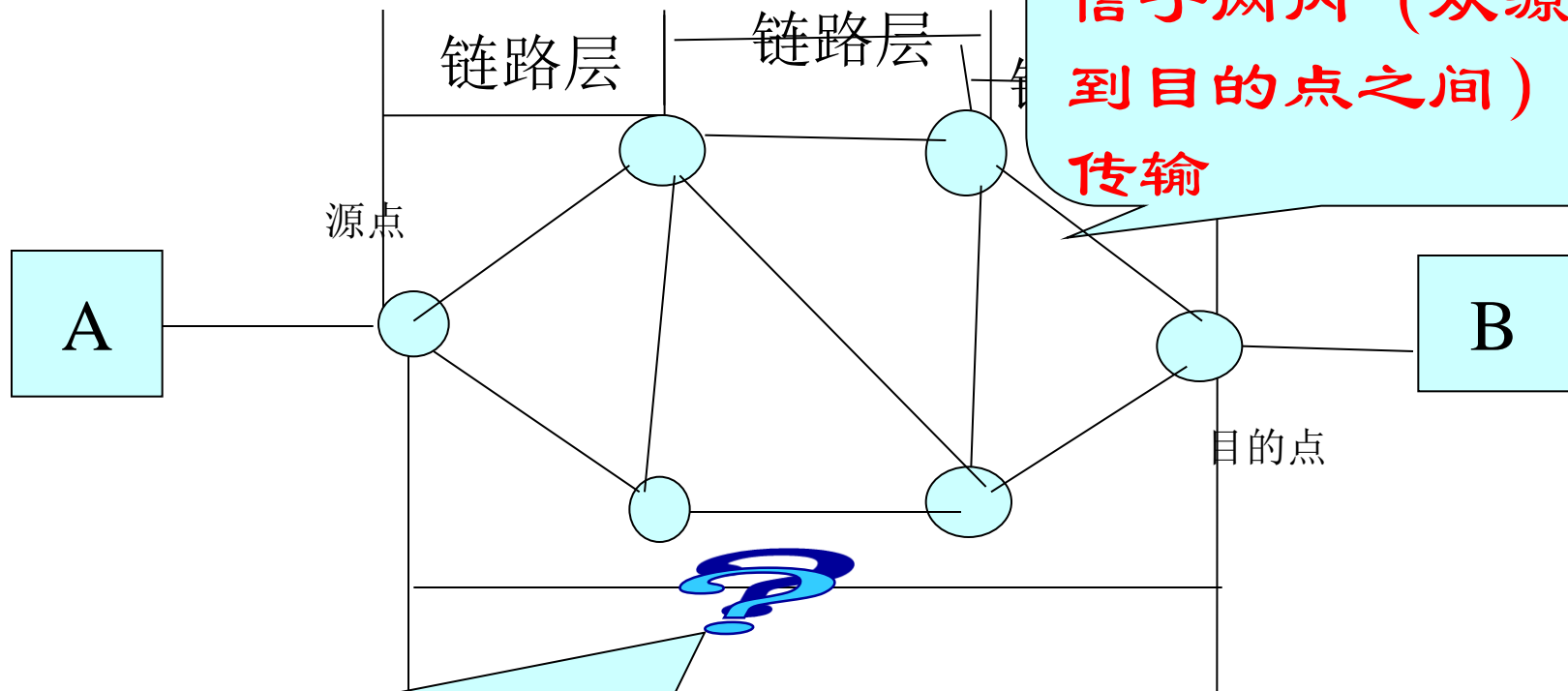
网络层的主要任务：  
负责数据分组在通信子网内（从源点到目的点之间）的传输



这些是通信子网内必须解决的问题 → 引入网络层

# 链路层没有解决的问题

网络层的主要任务：  
负责数据分组在通信子网内（从源点到目的点之间）的传输



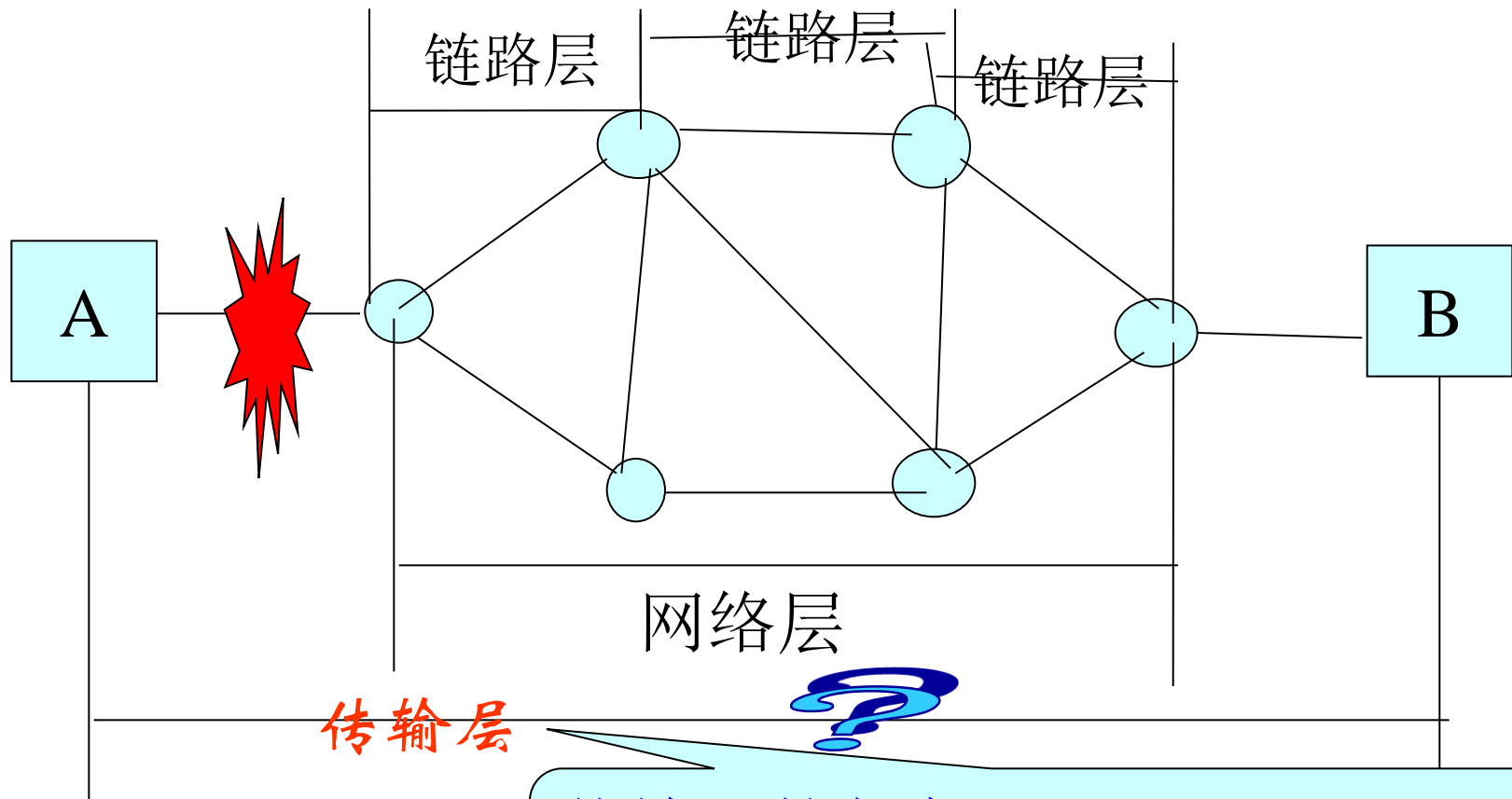
这些是通信子网内必须解决的问题 → 引入网络层



# 网络层解决的问题(功能)

- ❖ 编址→标识不同的计算机 (IP地址、域名、MAC地址)
- ❖ 地址转换 (MAC地址-IP地址-域名、NAT)
- ❖ 报文转发
- ❖ 路由选择 (路由表/路由算法 (DV/LS) /路由协议)
- ❖ 拥塞控制
- ❖ 网际互连
- ❖ 差错检测与恢复
- ❖ 多路广播
- ❖ 流量统计与记帐

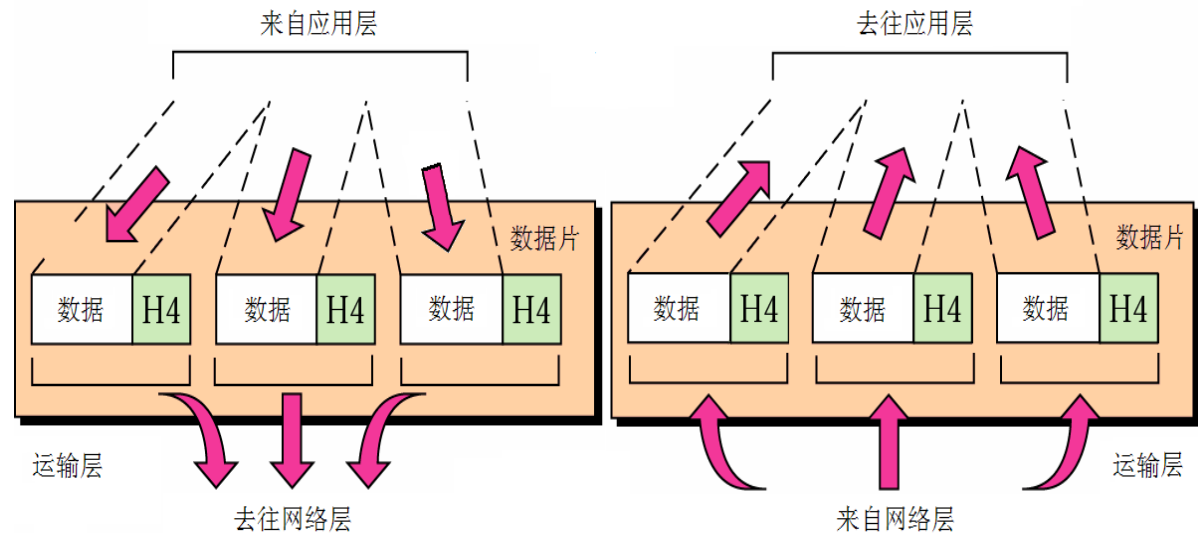
# 传输层



**传输层的任务：确保报文在用户主机之间（端到端）的可靠传输**

# 传输层解决的主要问题(功能)

- Addressing与多路复用
- 报文分组/重装
- 连接管理 (建立/维护/释放连接)
- 流量控制
- 拥塞控制
- 差错控制
- QoS



# 会话层

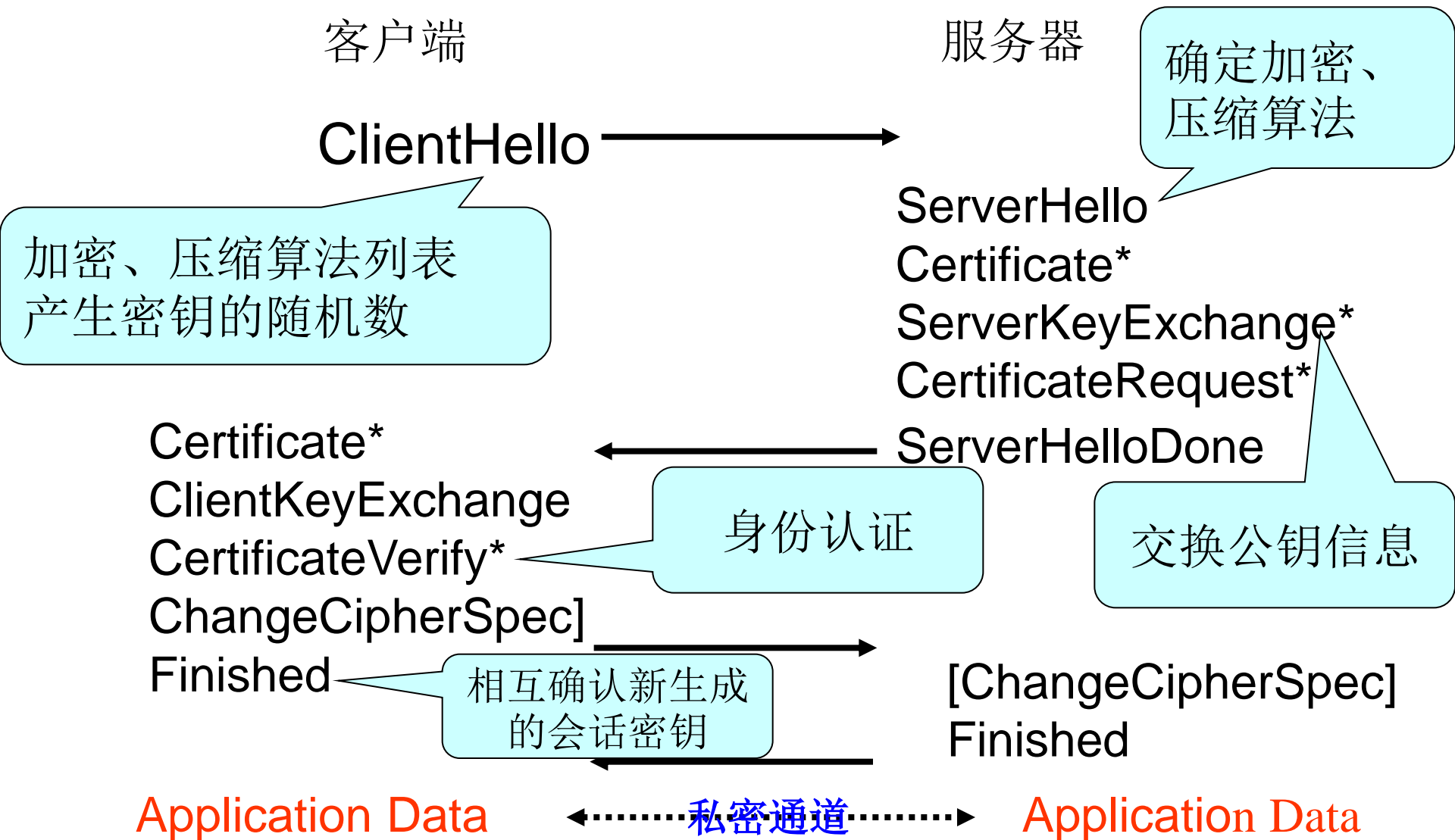
传输层及其以下各层主要负责网络数据通信，而网络的最终目的是用户之间的通信——会话（session），为了解决用户之间的会话问题，引入会话层

# 会话层

会话层的重要功能：

- **会话连接管理**（建立会话（会话参数协商（加密算法、密钥，身份认证等）、维护会话、释放会话）
- **会话过程管理**（单工/双工/半双工）→发送权标/令牌（**Token**）——对话控制（**Dialogue Control**）
- **面向事务处理/交易（Transaction）的过程完整性问题**（例：银行通过金融中心转账），需要保障要么完整的完成一次“交易”过程，要么恢复到初始状态。
- **重新同步（断点续传）**  
在一次很长的数据传输过程中，因接收计算机出故障如何避免全部重传的问题（例如：数据库更新）

## 会话实例：SSL会话建立过程



## SSL会话建立过程说明

- 首先，客户端向服务端发送ClientHello消息，服务端响应一个ServerHello消息。这两个Hello消息交换完成本次会话参数的协商和一对随机数交换。
- 之后，客户端和服务端双方执行认证和密钥交换过程。比如，服务端可能发送ServerCertificate消息来认证自己，并可能发送CertRequest消息来请求客户端认证，客户端则必须回应ClientCertificate和Certificateverify消息来向服务端认证自己。ServerKeyExchange和ClientKeyExchange消息用来实现服务端和客户端的实时公钥信息交换。最后，客户端和服务端双方根据交换的公钥信息计算本次握手过程协商的共享密钥。
- 最后，客户端和服务端双方相互确认该新生成的会话密钥，这通过双方交换Finished消息实现。Finished消息中包含了一个基于消息序列的MAC值，该MAC值受到新协商会话密钥的加密和完整性保护。一旦会话密钥确认完毕，双方可以进行下一步的真正数据通信。

# 表示层

有关用户**信息**的**表达**（用一种适合于网络传输的数据格式来代替原来的格式）以及**网络安全性**等问题，集中放在表示层来处理。该层的重要功能为：

- **数据格式转换**（翻译）
- **数据编码**（编码规则（BER））
- **数据压缩/解压缩**
- **加密/解密**
- **签名/认证**
- 屏蔽数据在内存中的存放方式的差异、不同程序设计语言对数据定义的差异、新型数据的表达与描述（如多媒体数据）等 → **抽象数据语义的描述**（例如**ASN.1**，**HTML/XML**，**WSDL**等）



# 通用性应用问题

计算机网络上的应用多种多样，如何规范这些应用，使之成为开放式应用，以便应用之间能够实现互连互通？

→ 引入应用层

# OSI应用层

应用层向应用程序提供服务，解决通用性应用问题。这些服务按其向应用程序提供的特性分成组，并称为**服务元素**。

- (1) **文件**传送、访问与管理**FTAM**协议；
- (2) **公共管理**信息协议**CMIP**；
- (3) **虚拟终端**协议**VTP**(Virtual Terminal Protocol)；
- (4) **事务处理****TP**(Transaction Processing)协议；
- (5) **远程数据库访问****RDA**(Remote Database Access)协议；
- (6) **制造业报文规范****MMS**；
- (7) **目录服务****DS**(Directory Service)协议；
- (8) **消息处理系统****MHS**(Message Handling System)协议。

# Internet 应用层

- ✓ 文件传送: FTP/tFTP
- ✓ 电子邮件: SMTP,POP3/IMAP
- ✓ 网上浏览: HTTP
- ✓ 网络新闻: NNTP
- ✓ 终端仿真 (BBS) : telnet
- ✓ 无盘工作站: BOOTP/DHCP
- ✓ 网络管理: SNMP
- ✓ 目录服务: LDAP
- ✓ .....

# Quit1

- (1) 设想不同语种的两国领导人借助于同声翻译系统通过电话交换意见，用上述的协议层次观点看，这是一个几层的对话系统？各层类似于上述的哪一层？
- (2) 通过LAN观看VOD，用上述的协议层次观点看这是一个几层的对话系统？

# Thanks!

