



西北工业大学  
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



# 网络技术基础

高智刚

M.P. & WeChat: 13572460159

E-mail: [gaozhigang@nwpu.edu.cn](mailto:gaozhigang@nwpu.edu.cn)



西北工业大学  
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



# 第一章：网络技术概述

- 计算机网络的基本概念
  - 计算机网络组成
  - 计算机网络的分类和网络结构
  - 计算机网络性能指标
- 计算机网络发展历程
- 计算机网络体系结构

- 什么是计算机网络？

- 计算机技术与通信技术结合，实现信息传送，达到资源共享的系统（广义观点）
- 计算机硬件、线缆、网络设备和让计算机能相互通信的计算机和软件的集合，即“自治的计算机互连所形成的集合”

- 什么是计算机网络？

网络是指“**三网**”：

电信网络、有线电视网络和计算机网络

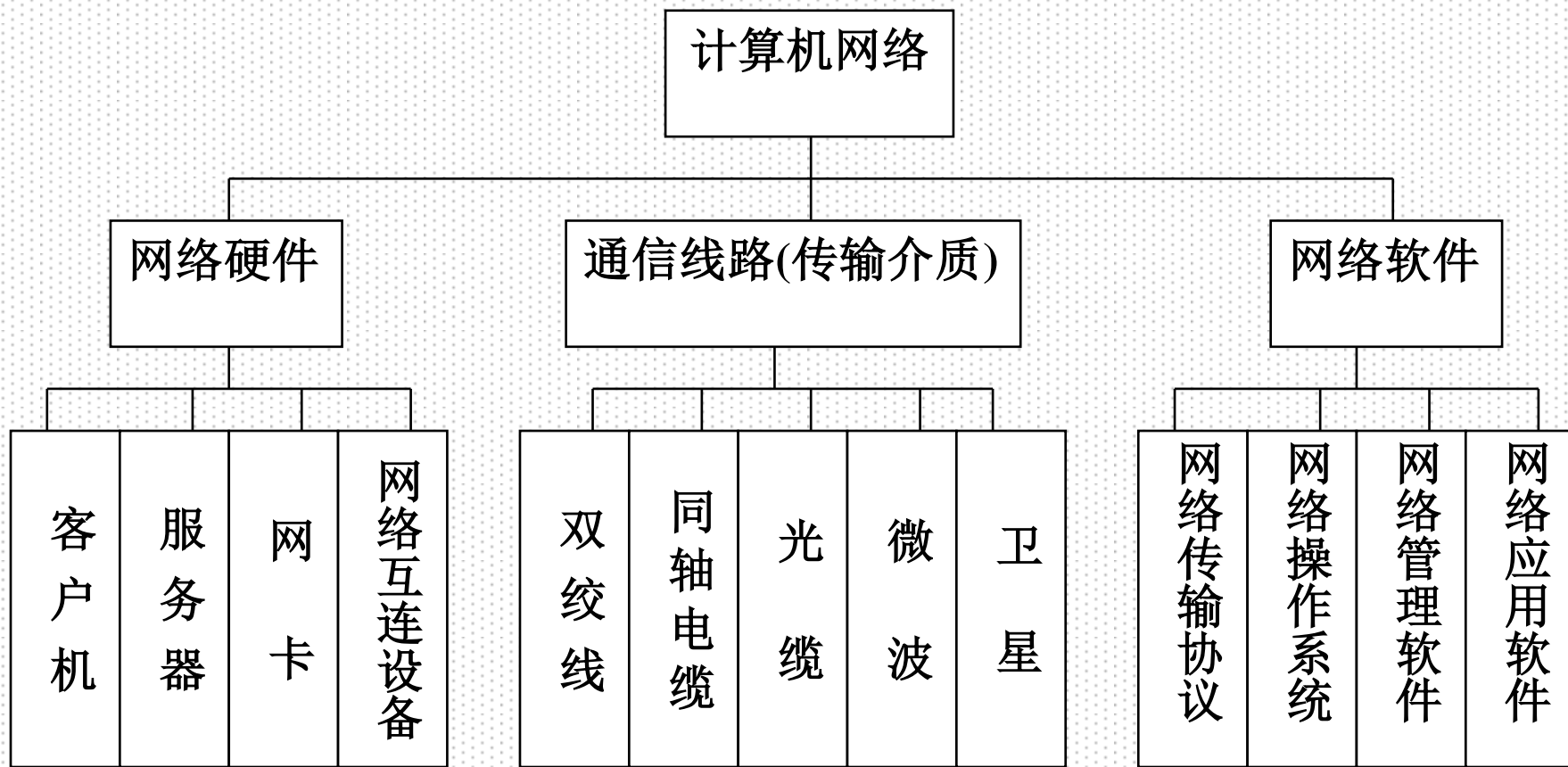


**三网融合**

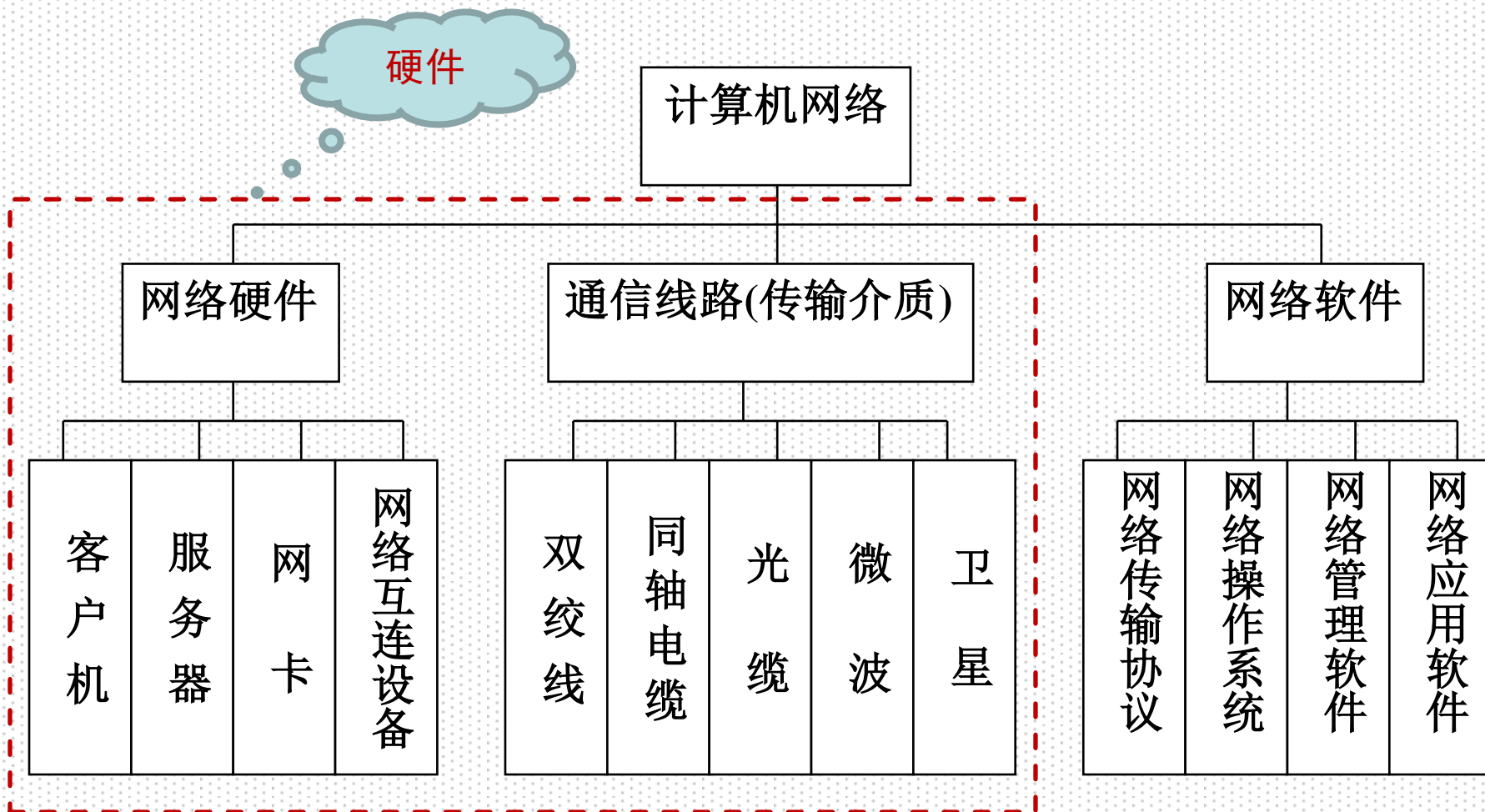


有了网络，未来的生活  
会是什么样？

## • 计算机网络组成



## • 计算机网络组成



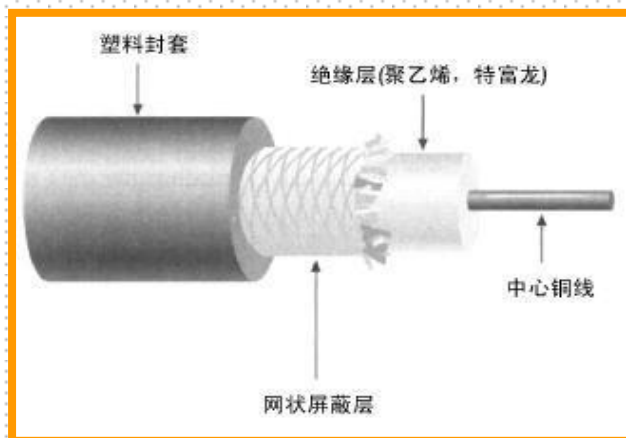
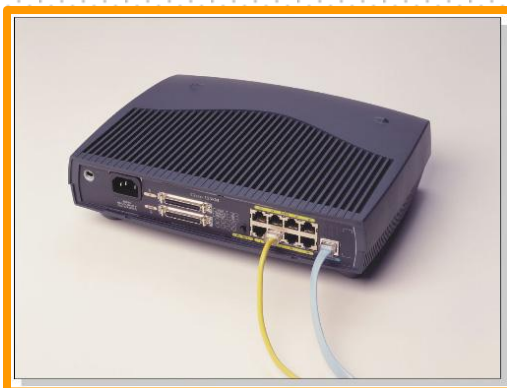


# 计算机网络基本概念



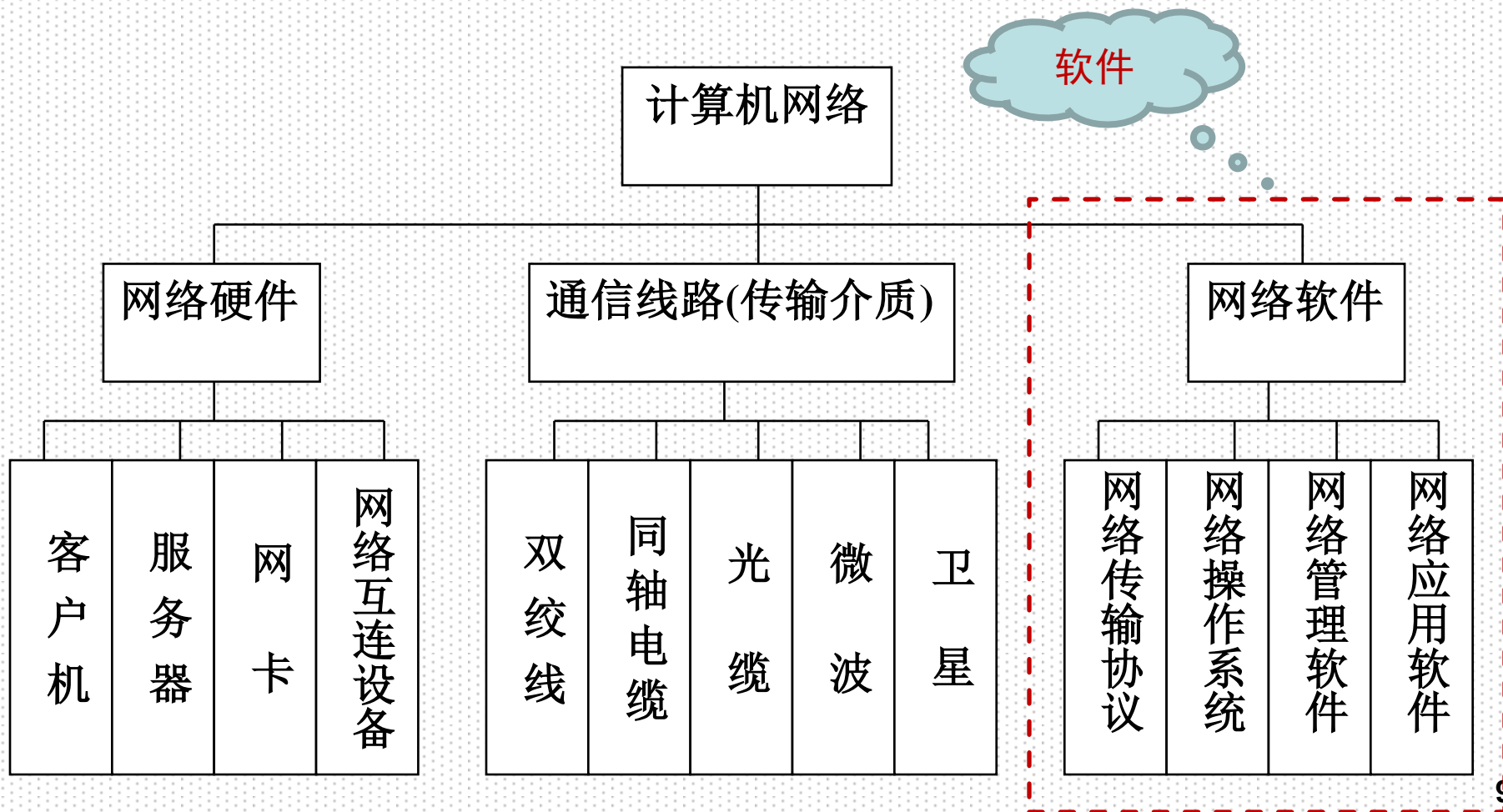
西北工业大学  
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

## • 计算机网络组成



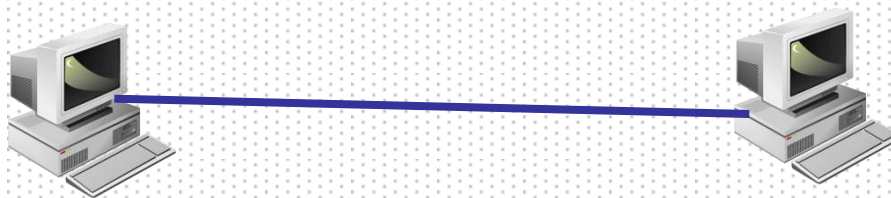


## • 计算机网络组成



- 小型计算机网络

- 两台PC和一根线缆



## • 超大型计算机网络：因特网（Internet）

### 个人、家庭用户

PC机、便携机

网卡、Modem/Cable Modem

ADSL Modem

PSTN/ISDN/DSL

帐户

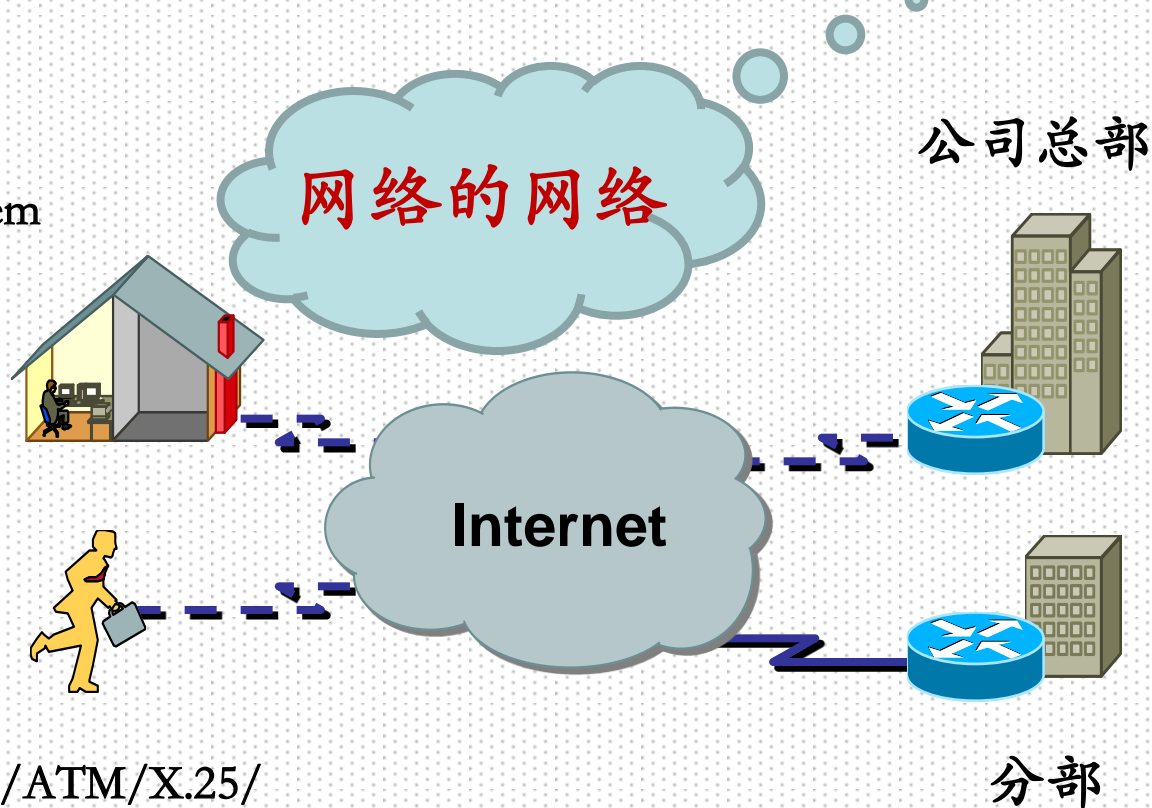
### 企业、集团用户

PC机、便携机

网卡、交换机/HUB

路由器

数字电路/FR/ATM/DDN/ATM/X.25/



- 计算机网络能做什么？（功能）

- 资源共享

- 软件、硬件、数据（数据库）

- 数据通信

- 文件传输、IP电话、email、视频会议、信息发布、交互式娱乐、音乐

- 事务处理

- 电子商务/金融/政务、远程教育、远程医疗

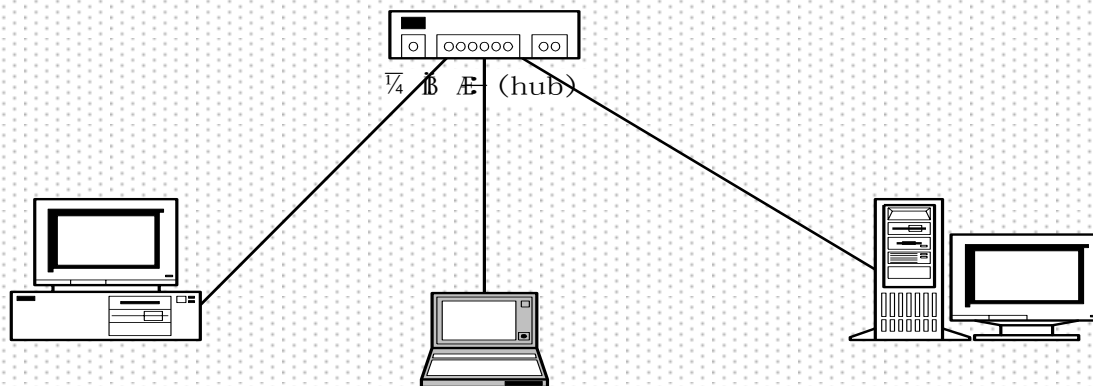
- 计算机网络分类（分类方法很多）
  - 根据网络的覆盖范围与规模（scale）分类
  - 按网络拓扑结构分类
  - 根据网络使用的传输技术分类
  - 按网络服务的对象分类
  - 按节点之间的关系分类
  - 按介质访问协议分类
  - .....

- 按覆盖范围和规模
  - 局域网 (LAN-Local Area Network)
  - 城域网 (MAN-Metropolitan Area Network)
  - 广域网 (WAN-Wide Area Network)



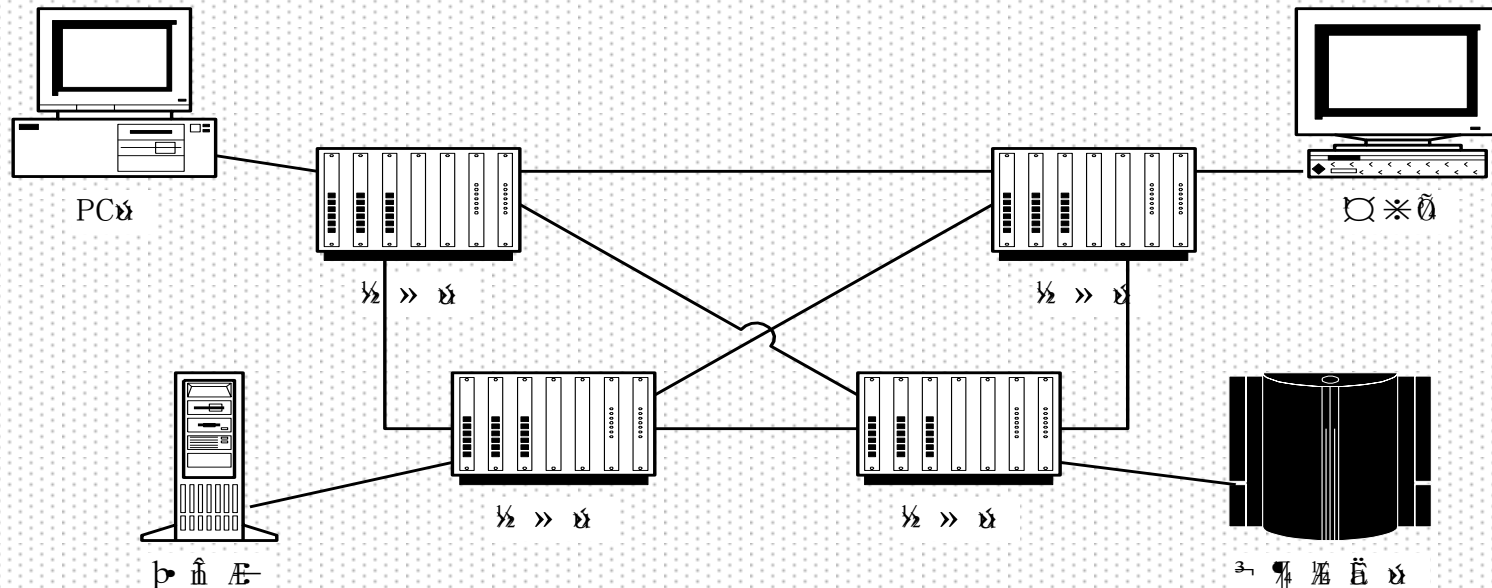
## • 局域网 (LAN)

- 在一栋或相邻的几栋大楼内，**小范围**<10km
- 以太网(Ethernet)、令牌环网(token ring)、光纤分布式数据接口FDDI、无线网等连接方式
- 下图是集线器连接的双绞线以太网



## • 广域网 (WAN)

- 覆盖一个城市，国家，全球，范围大  $> 100\text{km}$
- 点到点互连，点到点式通信



- 城域网 (MAN)
  - 介于局域网和广域网之间
  - 中等网络规模，范围 $<100\text{km}$
  - 局限于一座城市的范围内

## • 按拓扑结构分类

### — 星形

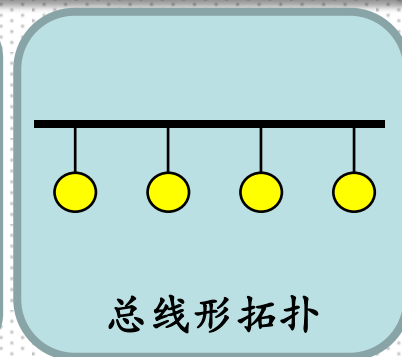
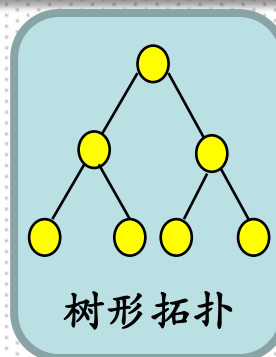
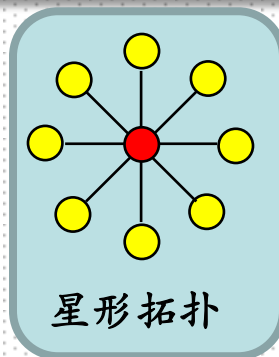
- 有一个中心节点，其它节点与其构成点到点连接

### — 树形

- 一个根结点、多个中间分支节点和叶子节点构成

### — 总线形

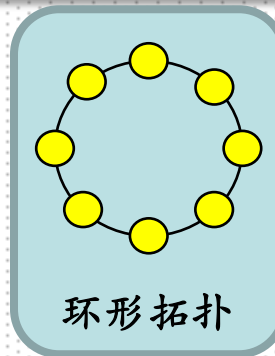
- 所有节点挂接到一条总线上，广播式信道
- 需要有介质访问控制规程以防止冲突



## • 按拓扑结构分类

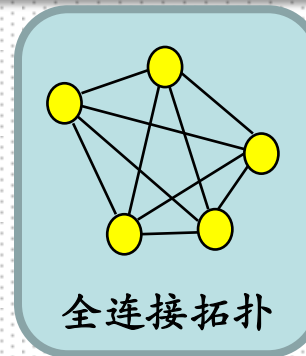
### — 环形

- 所有节点连接成一个闭合的环，点到点连接



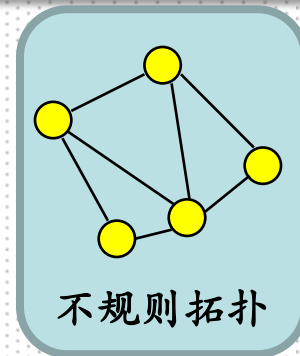
### — 全连接

- 点到点全连接，连接数随节点数的增长迅速增长，建造成本提高，只适用于节点数很少的广域网中



### — 不规则

- 点到点部分连接，多用于广域网，由于连接的不完全性，需要有交换节点



- 计算机网络性能指标

- ① 传输速率
- ② 带宽
- ③ 数据吞吐量
- ④ 时延



- 传输速率

- 数据传输速率（比特率）用C表示

- 每秒能传送多少个比特数

- bps(bit per second)

- $C=1/T \times \log_2 M$

- T为传输信息的电脉冲宽度

- M为一个码元所取得的有效离散值个数（调制电平数）

## • 传输速率

### – 信号传输速率（波特率）用B表示

- 码元速率、调制速率
- 每秒传送的码元数
- 波特（**Baud**）
- $B=1/T$

#### 举例1

当波特率为9600时

若 $M=2$ ，数据传输率为9600b/s；

若 $M=16$ ，数据传输率为38.4kb/s。

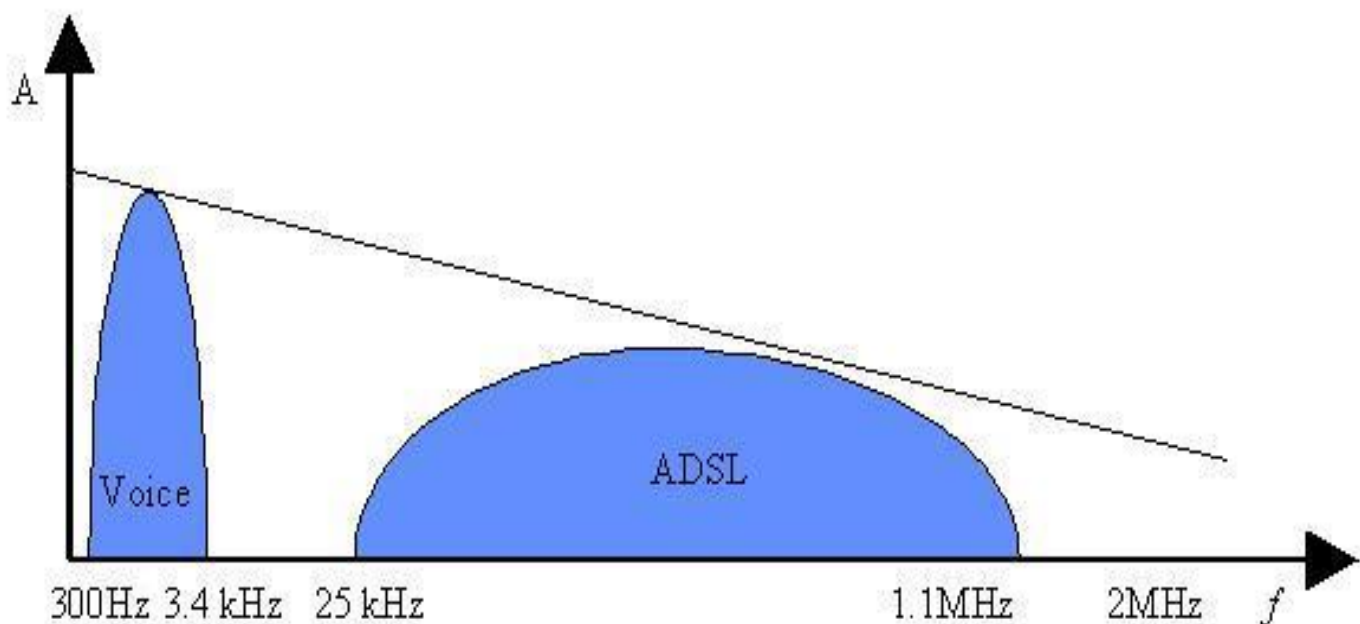
### – 比特率、波特率和信号编码级数的关系如下：

- $R_{\text{bit}} = R_{\text{baud}} \log_2 M$

- 带宽 (bandwidth)

- 在某给定时间内通过某个网络连接的信息量
- 模拟通信系统或传输介质中，所说的“带宽”是指信号频率的通频范围，单位为“赫兹”
- 数字通信系统中“带宽”，理论上是指传输信道的信道容量，也即信道中传递信息的最大值，单位为“比特/秒”

- 带宽 (bandwidth)



模拟电话线的频带

(300Hz——3400Hz为语音通信频带  
25KHz——1.1MHz为ADSL频带)

- 带宽 (bandwidth)

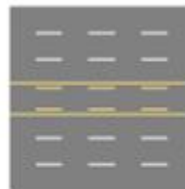
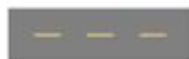
## Highway Analogy for Bandwidth

### FIGURES

1

2

Bandwidth is like the number of lanes on a highway.



Network devices are like on-ramps, traffic signals, signs, and maps.



Packets are like vehicles.



- 带宽 (bandwidth)

Unit of Bandwidth	Abbreviation	Equivalence
Bits per second	bps	1 bps = fundamental unit of bandwidth
Kilobits per second	kbps	1 kbps = ~1,000 bps = $10^3$ bps
Megabits per second	Mbps	1 Mbps = ~1,000,000 bps = $10^6$ bps
Gigabits per second	Gbps	1 Gbps = ~1,000,000,000 bps = $10^9$ bps
Terabits per second	Tbps	1 Tbps = ~1,000,000,000,000 bps = $10^{12}$ bps

在我们常说的56k拨号，100M局域网都是bps计量，当用于软件下载时，下载工具一般又以Bps计算，所以它们之间有  $8 \text{ bit} = 1 \text{ Byte}$  的换算关系，那么56kbps拨号极限下载速度是  $56\text{kbps}/8=7\text{KBps}$  每秒下载7K字节



- 数据吞吐量

- 在一天的某段时间内使用特定的路由下载一个文件时所获得的实际带宽
- 可以用单位时间发送的比特数、帧数或分组数进行表示
- 由于很多种原因，吞吐量远远小于传输使用介质所能达到的最大带宽

- 数据吞吐量

- 影响数据吞吐量的因素：

- 互联网上的设备
    - 网络拓扑形式
    - 用户数量
    - 计算机
    - 服务器
    - .....

## • 时延

- 信息从网络的一端传送到另一端所需的时间
- **时延** = 处理时延 + 排队时延 + 发送时延 + 传播时延
  - **处理时延** = 对数据进行处理和错误校验所需的时间
  - **排队时延** = 数据在中间结点等待转发的延迟时间
  - **发送时延** = 数据位数 / 信道带宽
  - **传播时延** =  $d/s$ 
    - $d$ : 距离,  $s$ : 介质中信号传播速度 ( $\approx 0.7c$ )

- 从体系结构来观察

- 计算机网络发展可分为三个阶段（三代网络）

- ① 以主机为中心的联机终端系统

- “计算机—终端”系统

- ② 以通信子网为中心的主机互连

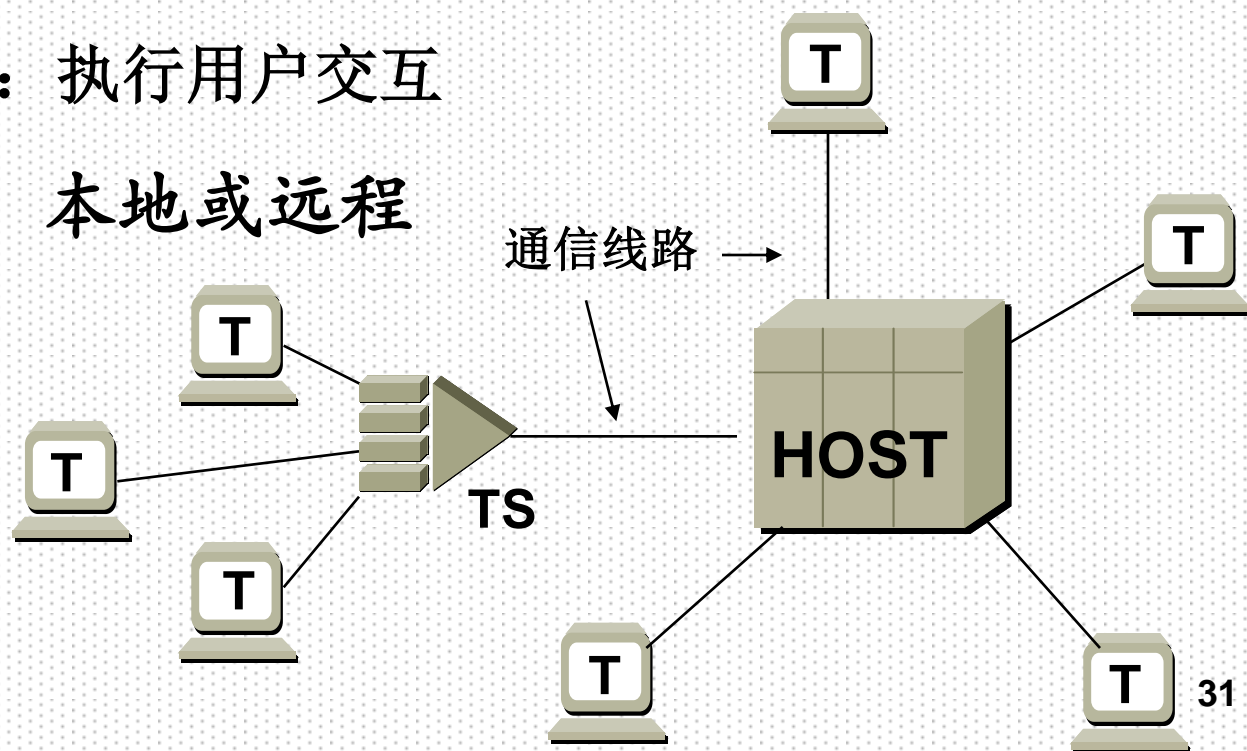
- “计算机—计算机”网络

- ③ 体系结构标准化网络

- 层次化结构

## ① 以主机为中心的联机终端系统

- 特征：终端共享主机的软硬件资源
  - 单台主机：执行计算和通信任务
  - 多台终端：执行用户交互
- 连接方式：本地或远程



## ① 以主机为中心的联机终端系统

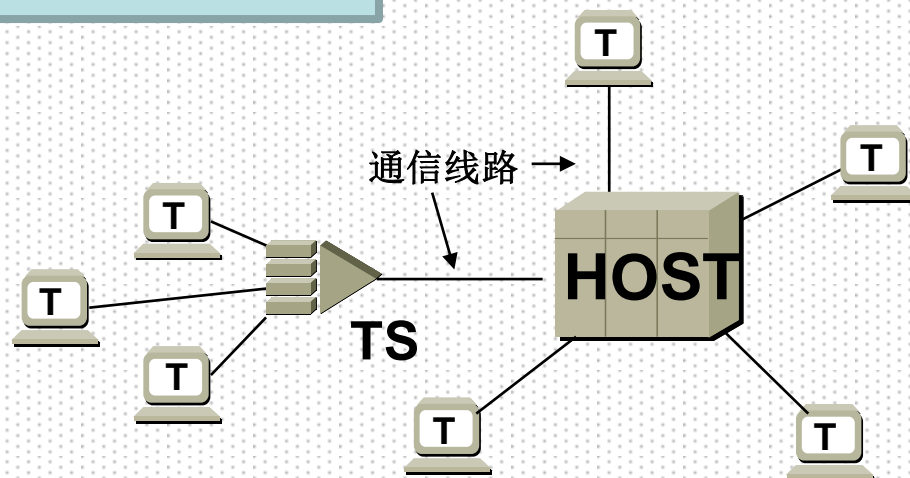
### 举例1

#### 飞机订票系统

- HOST(航空公司总部)
- Terminals(订票点)
- 通信线路(电话线路)

### 缺点

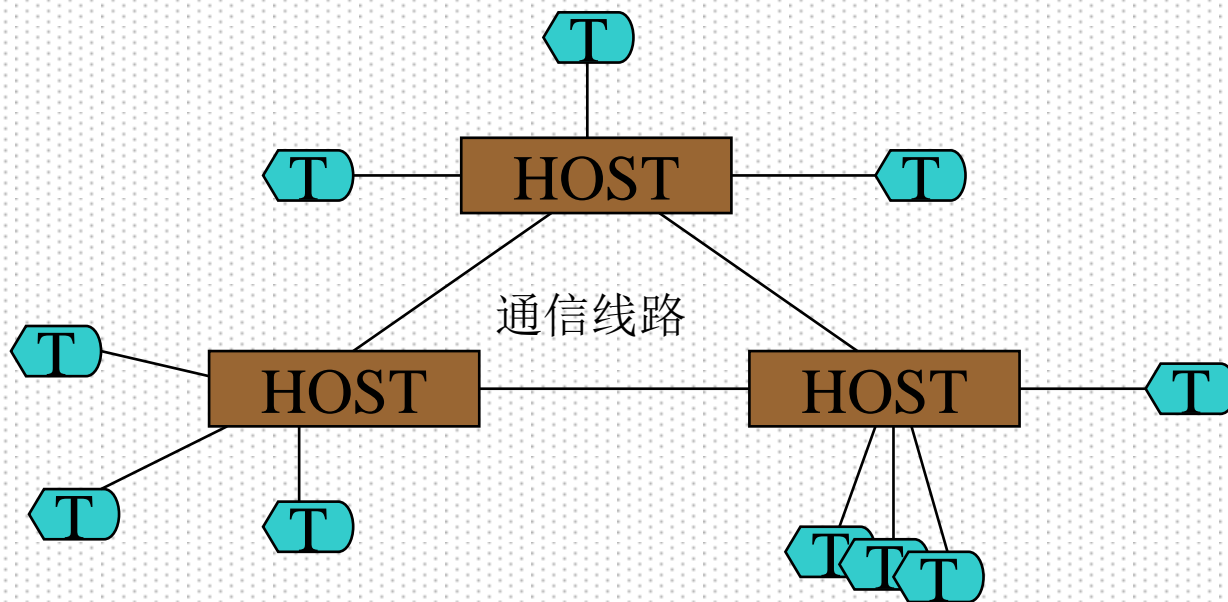
主机负荷重—数据处理+通信  
线路利用率低  
集中控制方式，可靠性低





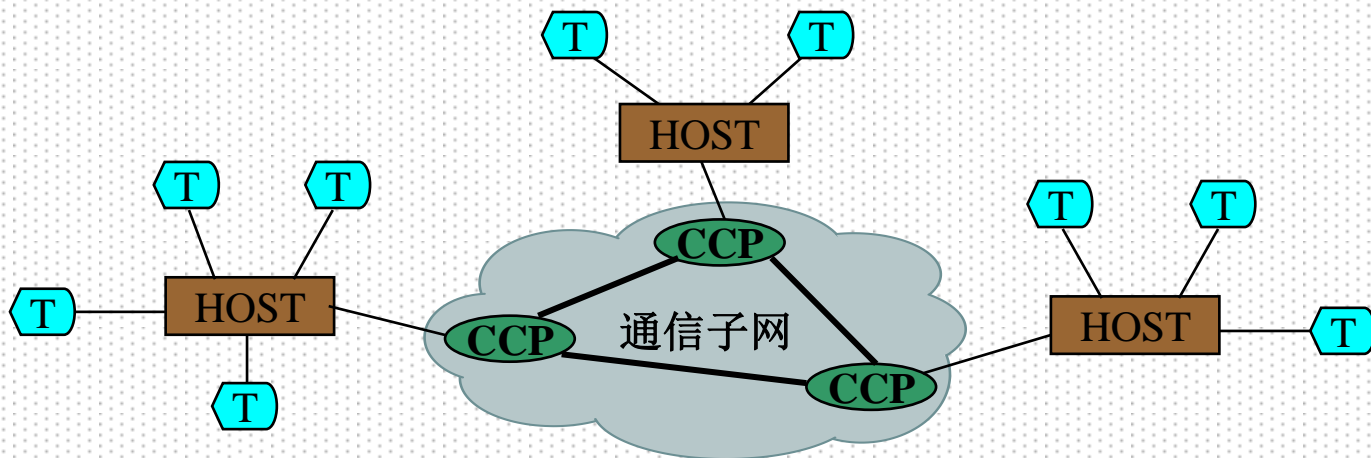
## ② 以通信子网为中心的主机互连

- 多个终端联机系统互联，形成多主机互连网络
- 网络结构从“主机-终端”转为“主机-主机”

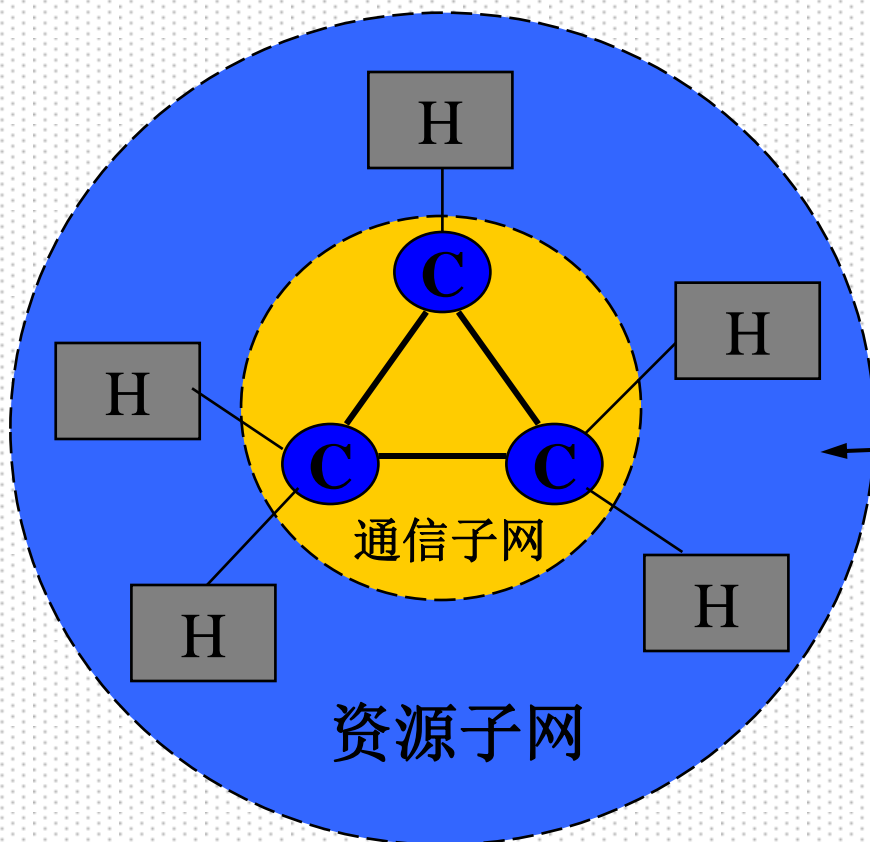


## • 主机—主机网络的演变 —> 两层网络

- **通信子网**：由通信控制处理机（CCP）组成传输网络，提供信息传输服务
- **资源子网**：建立在通信子网基础上的主机集合，提供计算资源

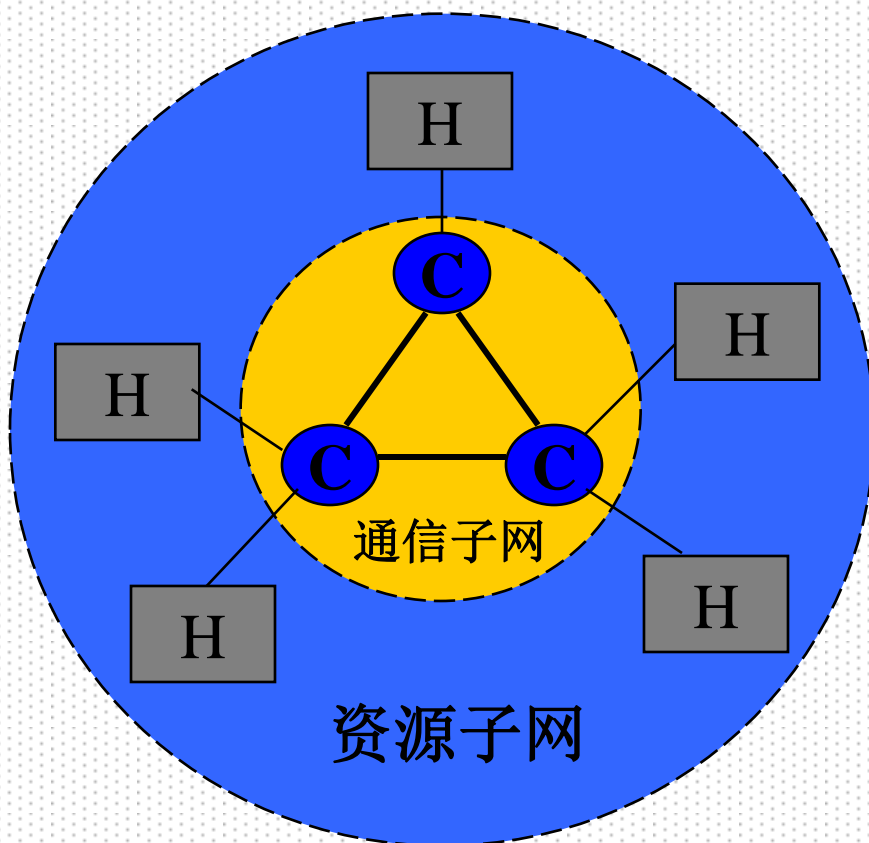


- 两层网络概念结构



在通信子网上可有  
多个资源子网，共  
享通信子网的服务

## • 两层网络概念结构



### 举例1: ARPANET

- 因特网的前身
- 美苏冷战时期由美国军方建立的实验性网络
- 最初4个节点→70's的60多个节点
- 地域跨越美洲、欧洲
- 具有现代网络的许多特征
  - 分组交换
  - 分层次的网络体系
  - 较为完善的通信协议

## ③ 体系结构标准化网络

- 网络发展的功能与任务需求复杂，需要划分层次化的结构并明确各层次的协议（网络的体系结构）

底层：实现信号发送与接收

中间层：寻址、媒体接入控制、数据包转发、拥塞控制、差错控制等

高层：面向用户，网络浏览、电子邮件、文件传输

**核心思想：**屏蔽底层细节，向用户提供通用一致的网络服务

## ③ 体系结构标准化网络

- 70年代出现了多种计算机网络体系结构

IBM-System Network Architecture, SNA, 1974

Honeywell-Distributed System Architecture, DSA

Digital-Digital Network Architecture, DNA

各自封闭

互不兼容

- 1977年ISO专门建立了委员会，考虑到连网方便和灵活性等要求，提出了一种不基于特定机型、操作系统或公司网络体系结构的7层开放系统互连参考模型（OSI/RM）

## • 计算机网络在我国的发展

- 1994年4月20日我国用64kb/s专线正式接入因特网
- 中国公用计算机互联网 (CHINANET)
- 中国教育和科研计算机网 (CERNET)
- 中国科学技术网 (CSTNET)
- 中国国际经济贸易互联网 (CIETNET)
- 中国网通互联网 (CNCNET)
- 中国联通互联网 (UNINET)
- 中国移动互联网 (CMNET)
- 中国长城互联网 (CGWNET)
- 中国卫星集团互联网 (CSNET)



- ISO/OSI 模型

- 国际标准化组织ISO (International Standard Organization)于1983年正式颁布了一个称为“开放系统互连参考模型”(Open System Interconnection /Reference Model)的国际标准ISO7498，简称OSI参考模型或OSI/RM，由七层组成，也称为**OSI七层模型**



- OSI七层模型的目的和优点

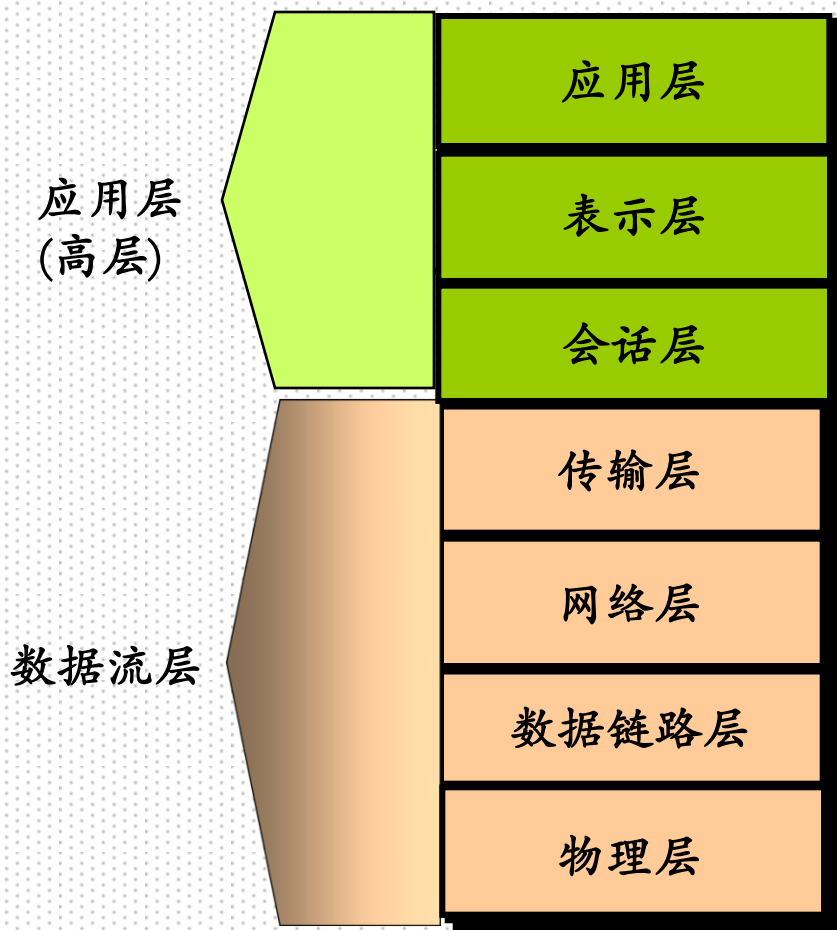
- 化解复杂性
- 标准化接口
- 模块化、易于工程
- 确保技术的通用
- 加速发展
- 简化教学和学习

## • OSI七层模型



- 应用层：与用户最接近的一层
- 表示层：通用的数据格式，语法
- 会话层：控制会话
- 传输层：流控、保证可靠性
- 网络层：路径选择、路由及逻辑选路
- 数据链路层：帧、介质访问控制
- 物理层：规定信号和介质

## • OSI七层模型



从3个层面抽象计算机网络:

- **分层结构**: 从功能划分为7层, 上层功能实现依赖下层, 不同结点的同层具有相同功能
- **协议**: 不同节点同等层间通过协议实现通信(水平方向作用)
- **服务**: 每层使用下层服务, 并向上层提供服务(垂直方向作用)

## • OSI七层模型-高层

应用层	用户接口、为应用处理提供网络服务	<u>例子</u> Telnet HTTP
表示层	<ul style="list-style-type: none"><li>• 数据表示、数据格式、结构</li><li>• 加密等特殊处理过程</li><li>• 协商数据传输语法</li></ul>	ASCII EBCDIC JPEG
会话层	建立、管理、终结应用间的会话，保证不同应用间的数据区分	Operating System/ Application Access Scheduling
传输层		
网络层		
数据链路层		
物理层		

## • OSI七层模型-数据流层

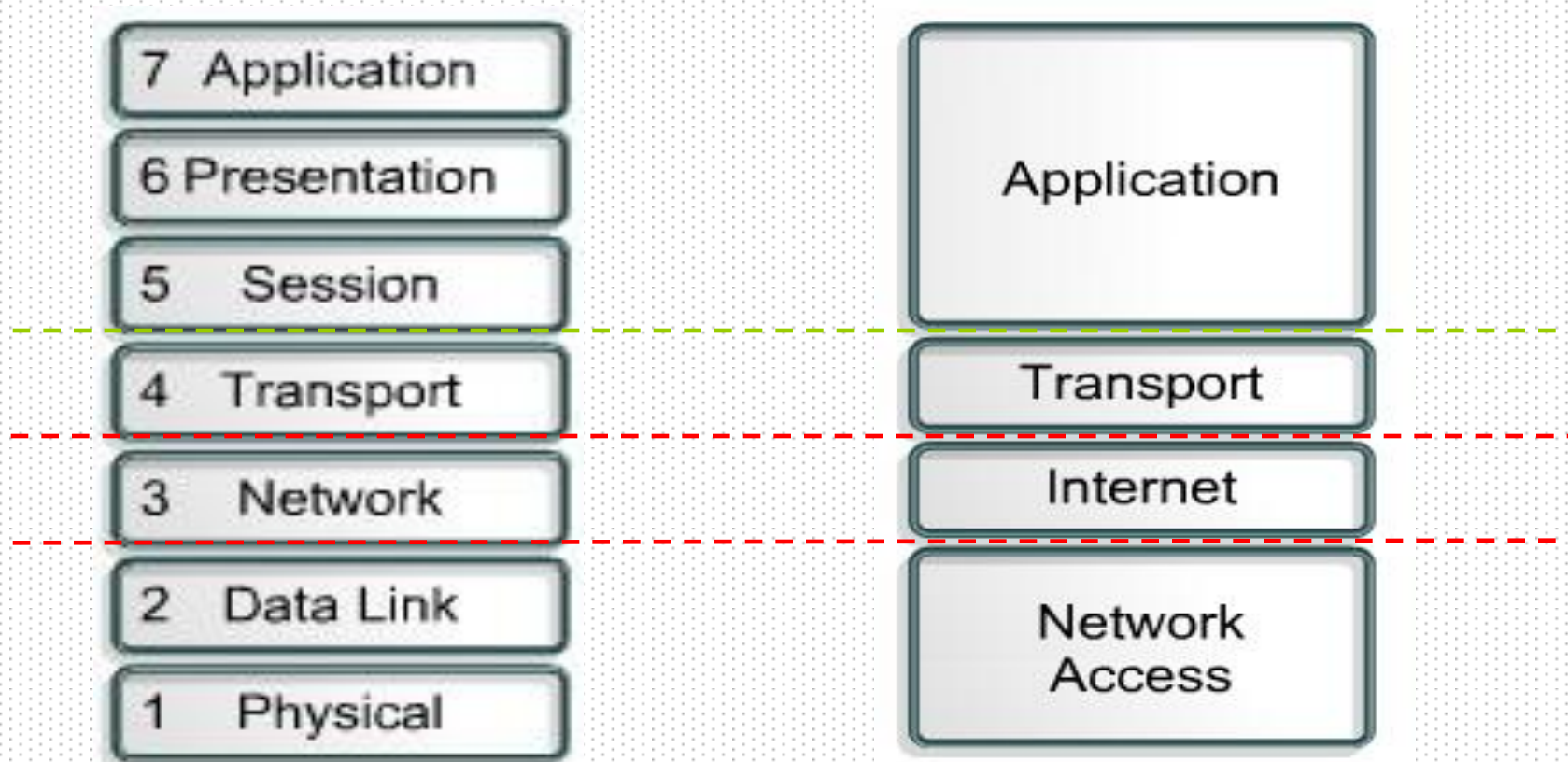
应用层		
表示层		
会话层		例子
传输层	<ul style="list-style-type: none"><li>• 端到端的连接, 可靠或不可靠的数据传输</li><li>• 数据重传前的错误纠正、流控</li><li>• 建立、维护、终止虚电路</li></ul>	TCP UDP SPX
网络层	提供路由器用来决定路径的逻辑寻址	IP IPX
数据链路层	<ul style="list-style-type: none"><li>• 将比特组合成字节进而组合成帧</li><li>• 用MAC地址访问介质、网络拓扑</li><li>• 错误发现、通知但不能纠正</li><li>• 提供穿越介质的可靠数据传输</li></ul>	802.3 / 802.2 HDLC
物理层	<ul style="list-style-type: none"><li>• 设备间接收或发送比特流</li><li>• 说明电压、线速和线缆等</li></ul>	EIA/TIA-232 V.35

- OSI模型和TCP/IP模型

- OSI/RM缺点：层次划分不尽合理、部分功能在多个层次重复出现；协议过分复杂、效率低；标准制定周期过长、缺乏商业驱动力
- 由于OSI参考模型实现的复杂性和ARPAnet的迅速发展，TCP/IP协议逐渐得到了业界的广泛认可，成为了事实上的网络连接的标准协议



- OSI模型和TCP/IP模型

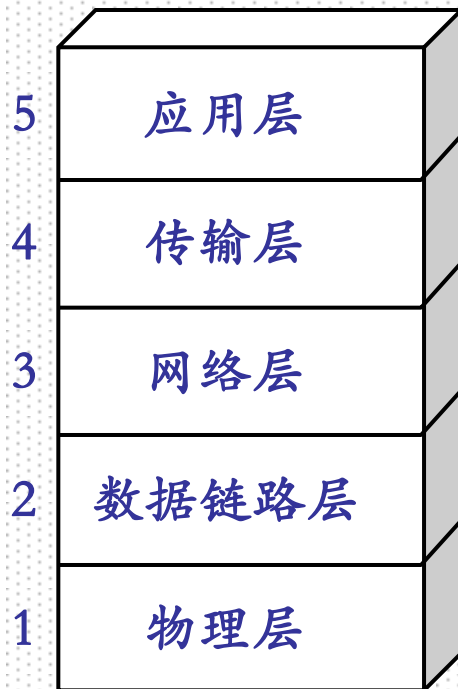


- 五层体系结构

- TCP/IP 是四层的体系结构：应用层、传输层、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

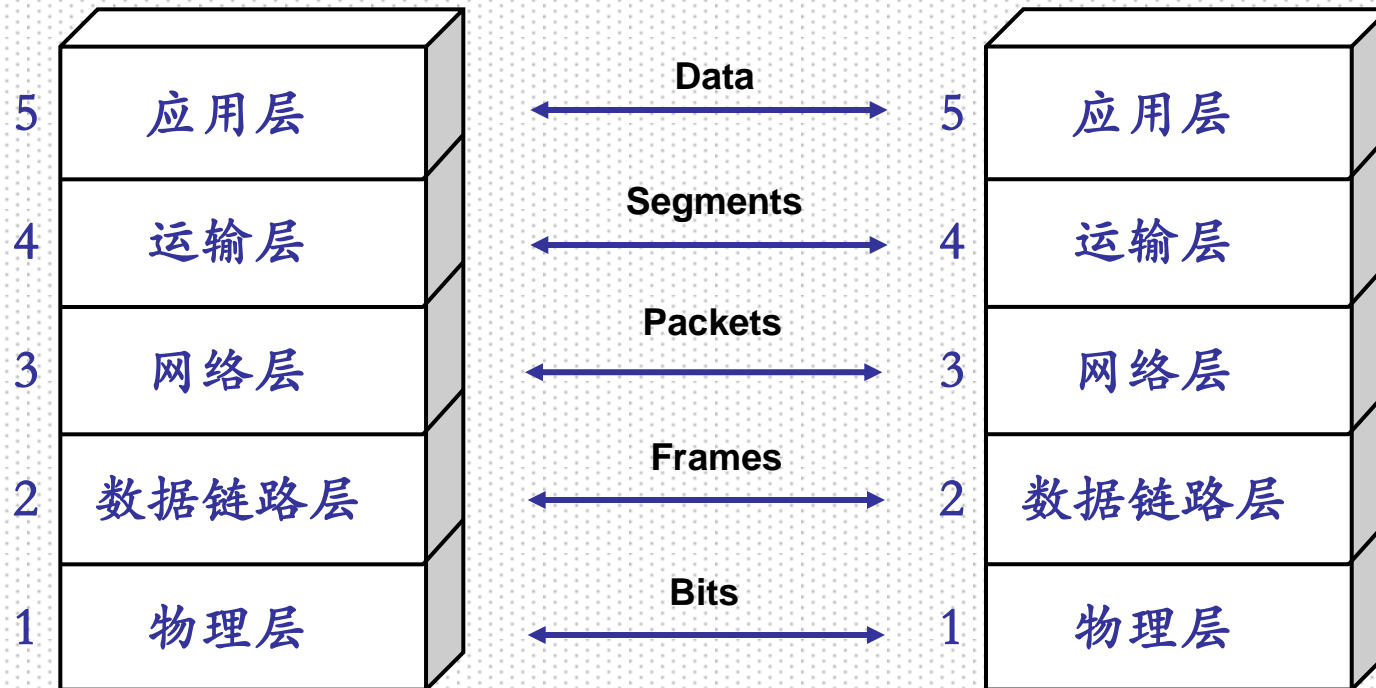


## • 五层体系结构



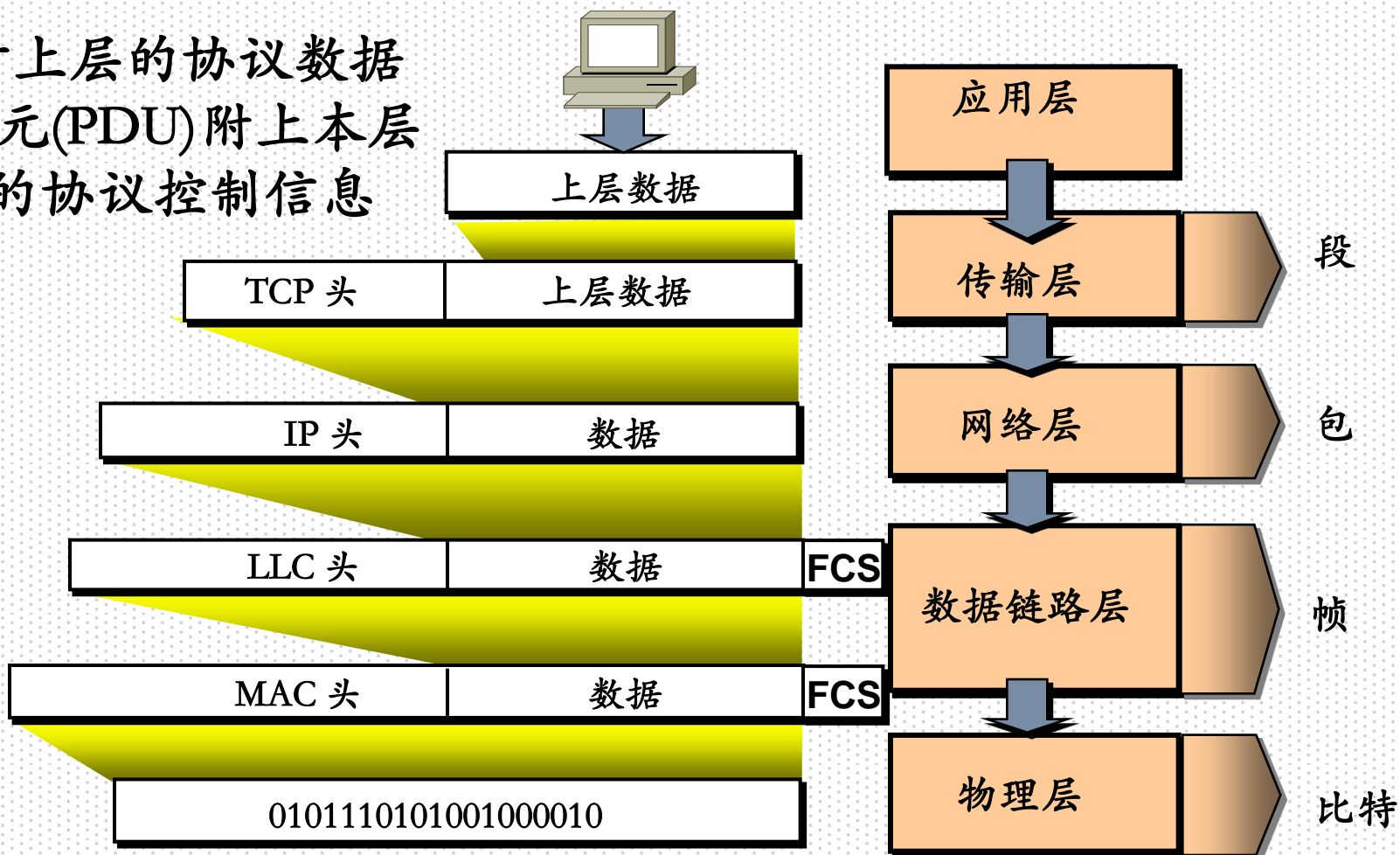
- 应用层(application layer)
- 传输层(transport layer)
- 网络层(network layer)
- 数据链路层(data link layer)
- 物理层(physical layer)

- 点对点通信：Peer-to-peer communications

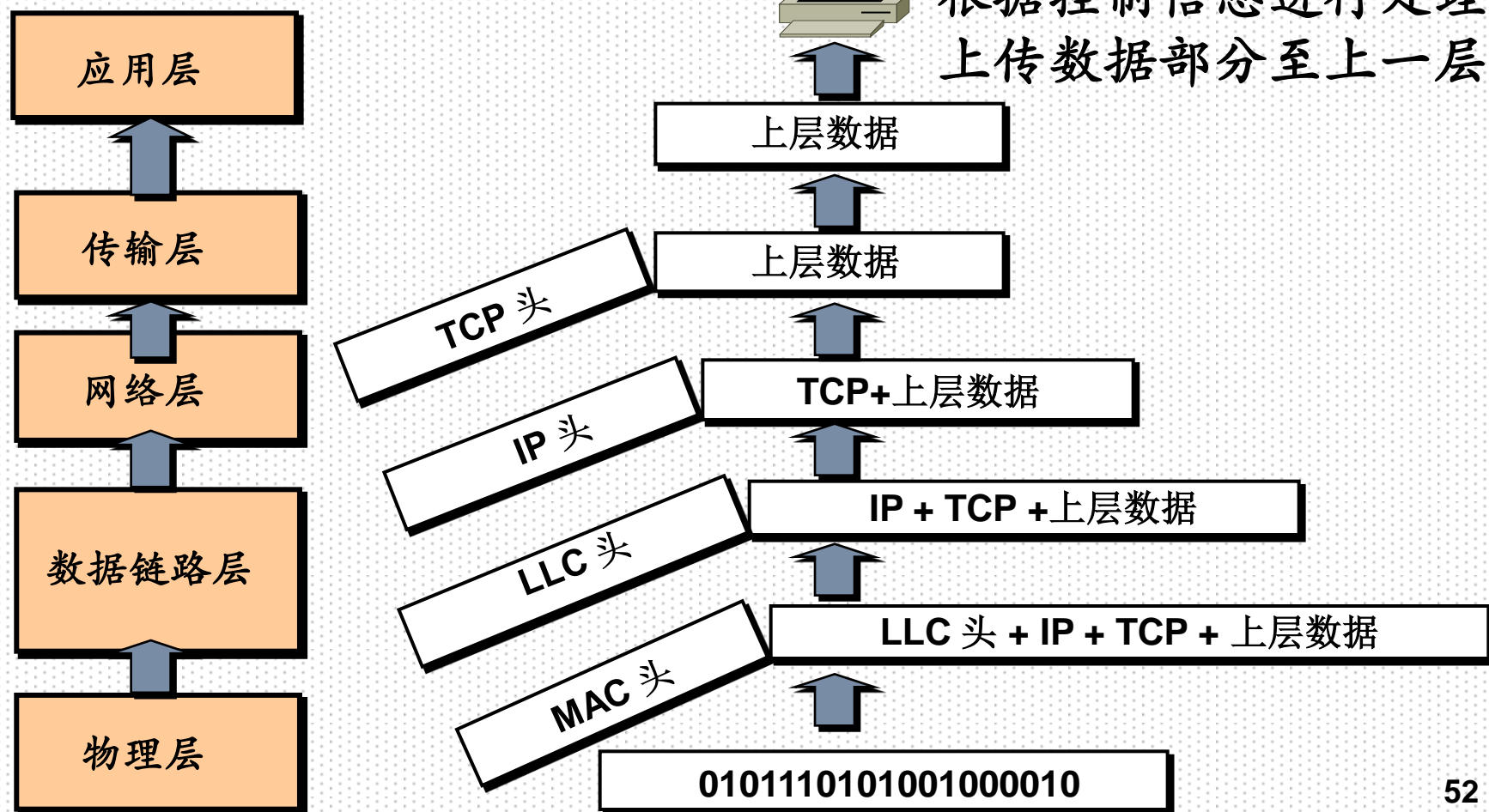


## • 封装的含义及封装过程

对上层的协议数据单元(PDU)附上本层的协议控制信息

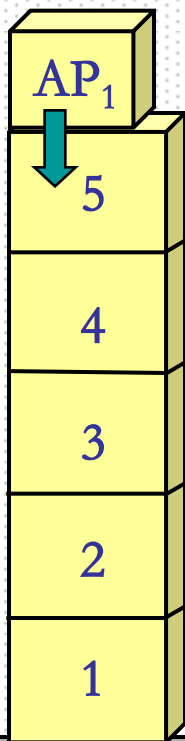


## • 数据解封装过程



## 主机 1 向主机 2 发送数据

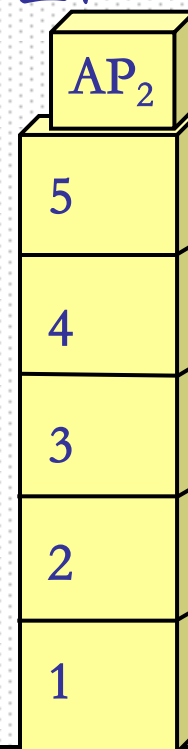
主机1



应用进程数据先传送到应用层

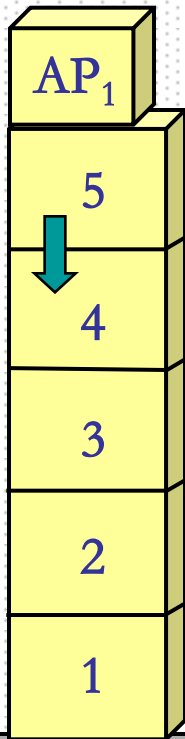
加上应用层首部，成为应用层PDU

主机2



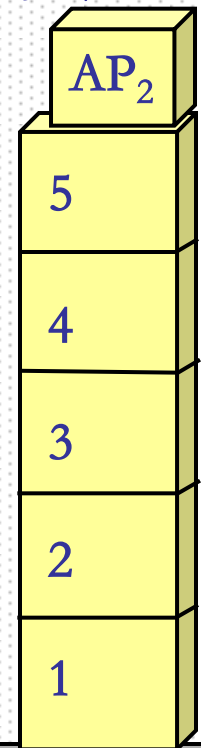
## 主机 1 向主机 2 发送数据

主机1



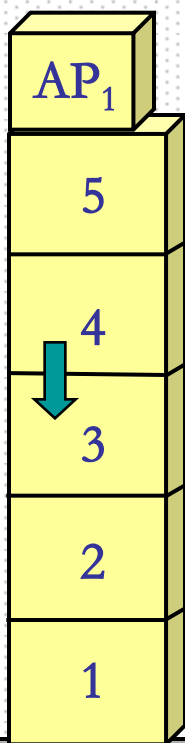
应用层 PDU 再传送到传输层  
加上传输层首部，成为传输层报文

主机2



## 主机 1 向主机 2 发送数据

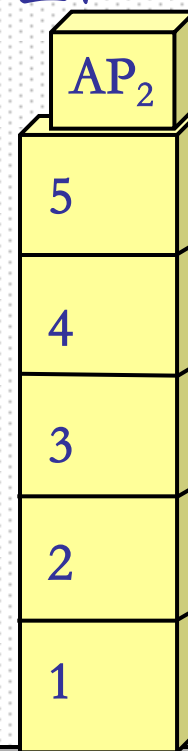
主机1



传输层报文再传送到网络层

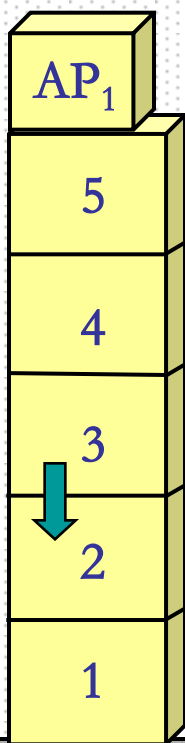
加上网络层首部，成为 IP 数据报（或分组）

主机2



## 主机 1 向主机 2 发送数据

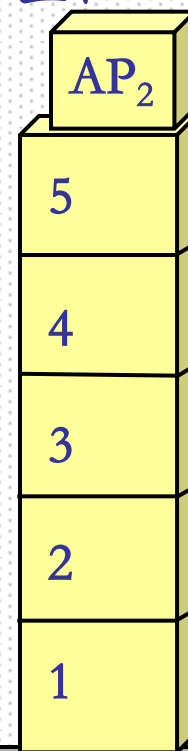
主机1



IP 数据报再传送到数据链路层

加上链路层首部和尾部，成为数据链路层帧

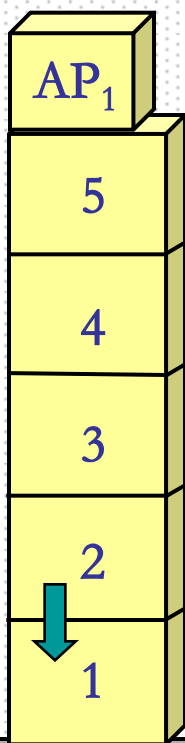
主机2





## 主机 1 向主机 2 发送数据

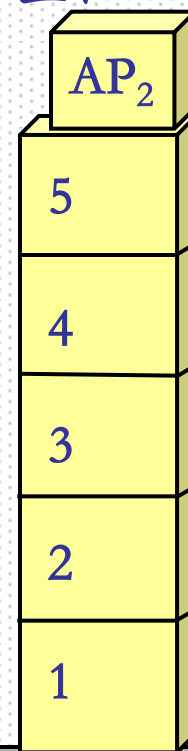
主机1



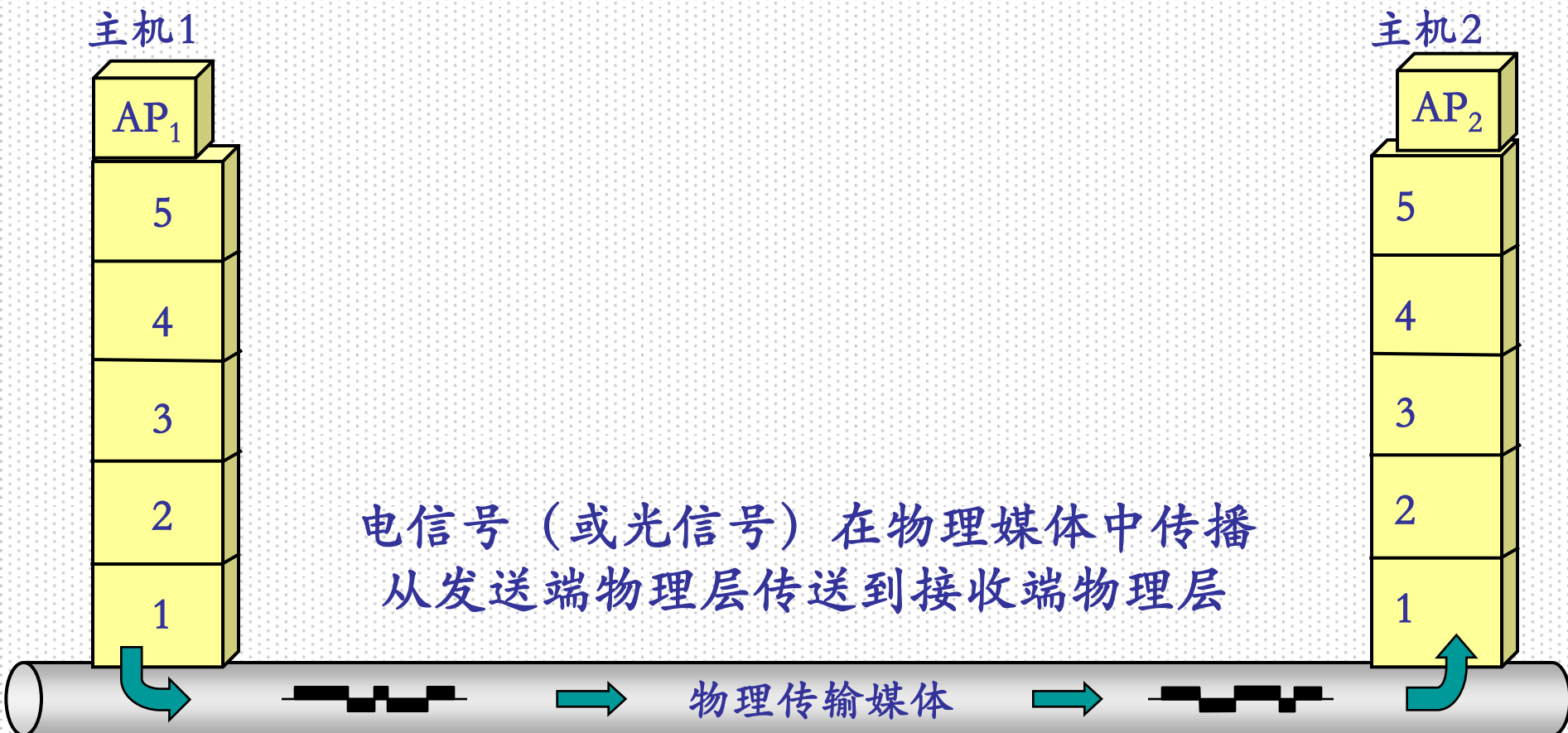
数据链路层帧再传送到物理层

最下面的物理层把比特流传送到物理媒体

主机2

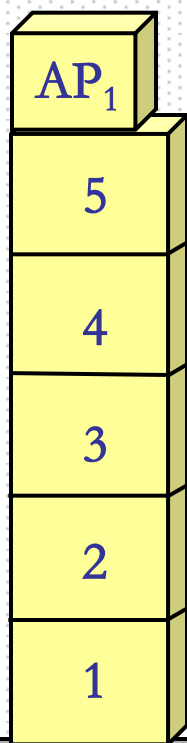


## 主机 1 向主机 2 发送数据

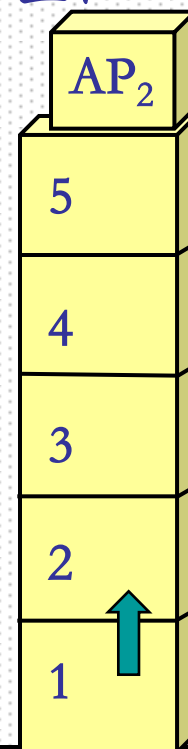


## 主机 1 向主机 2 发送数据

主机1



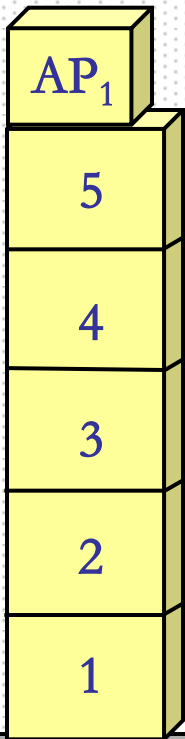
主机2



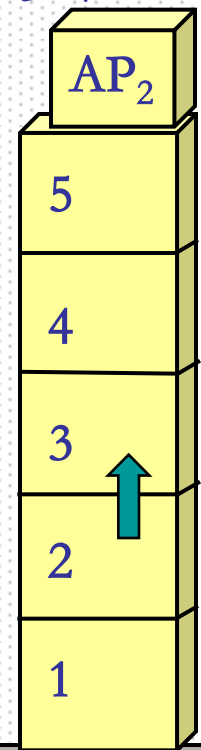
物理层接收到比特流，上交给数据链路层

## 主机 1 向主机 2 发送数据

主机1



主机2

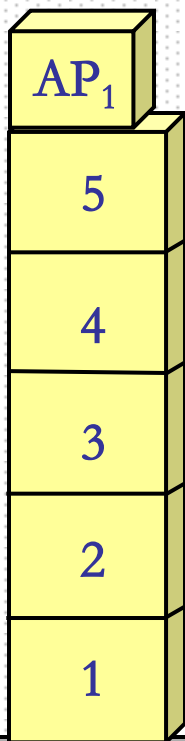


数据链路层剥去帧首部和帧尾部  
取出数据部分，上交给网络层

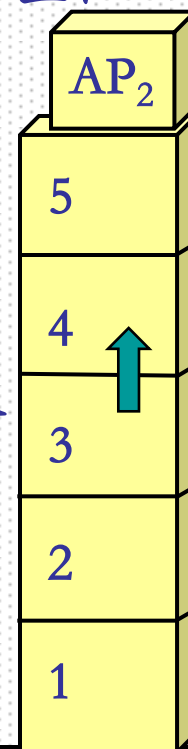


## 主机 1 向主机 2 发送数据

主机1



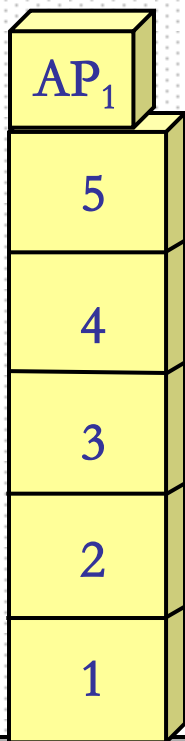
主机2



网络层剥去首部，取出数据部分  
上交给传输层

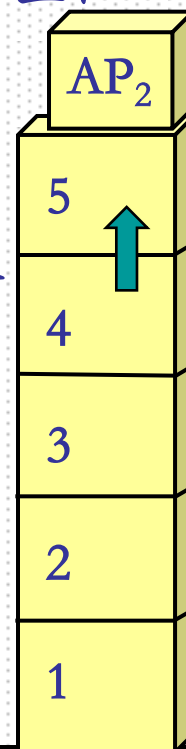
## 主机 1 向主机 2 发送数据

主机1



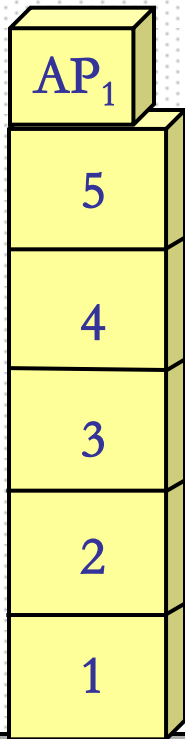
传输层剥去首部，取出数据部分  
上交给应用层

主机2



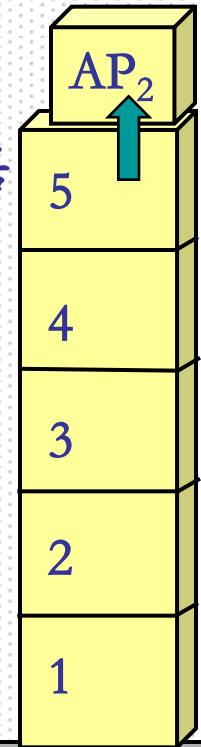
## 主机 1 向主机 2 发送数据

主机1



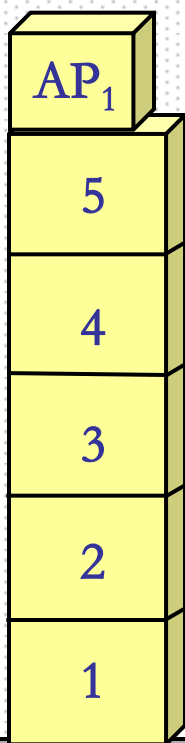
应用层剥去首部，取出应用程序数据  
上交给应用进程

主机2



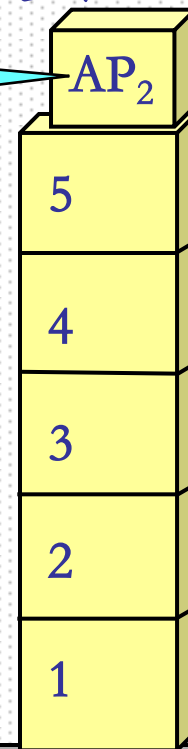
## 主机 1 向主机 2 发送数据

主机1



我收到了  $AP_1$  发来的  
应用程序数据!

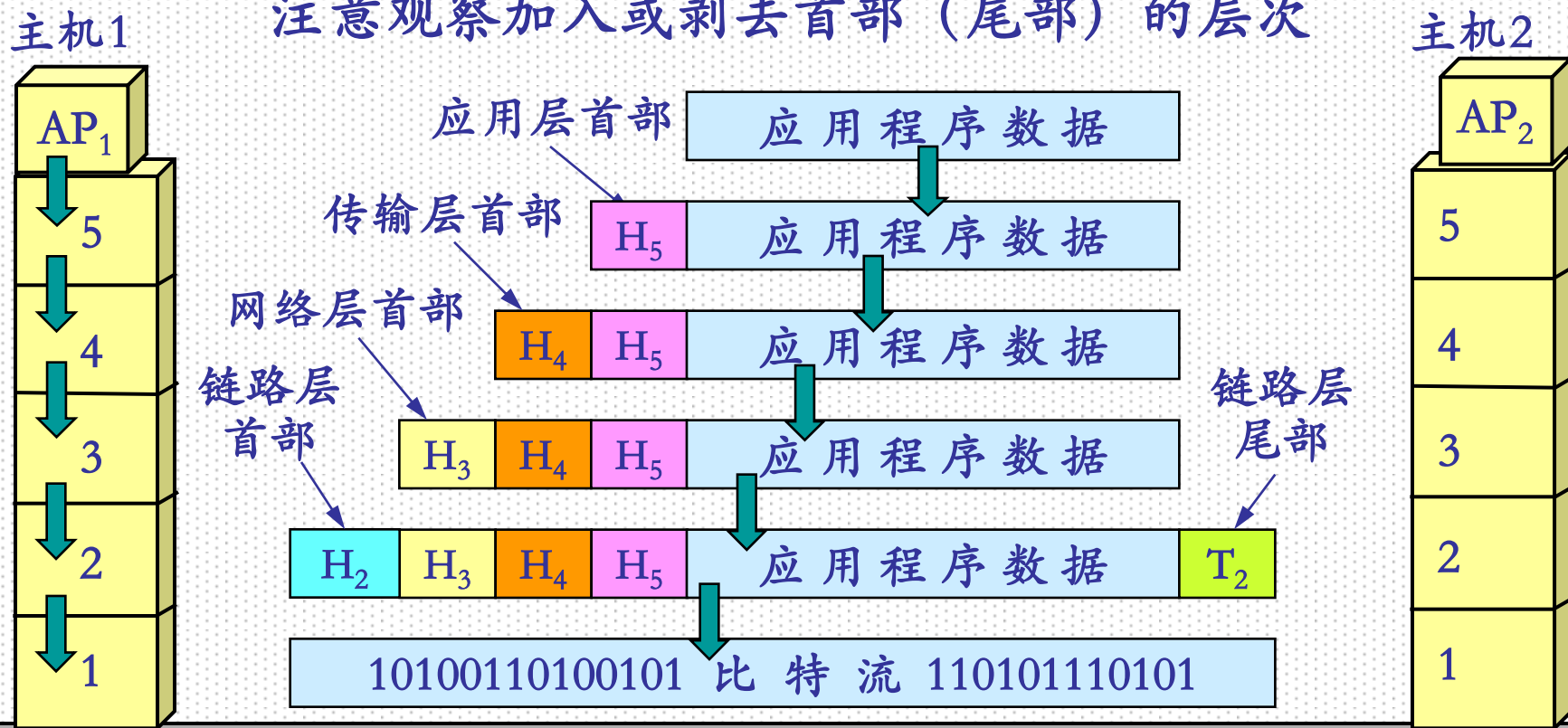
主机2





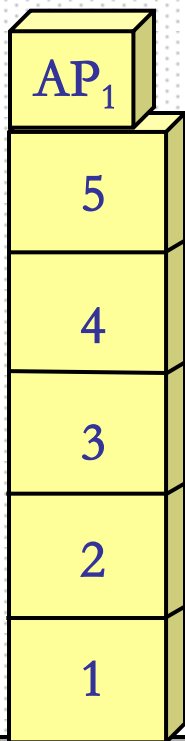
## 主机 1 向主机 2 发送数据

注意观察加入或剥去首部（尾部）的层次

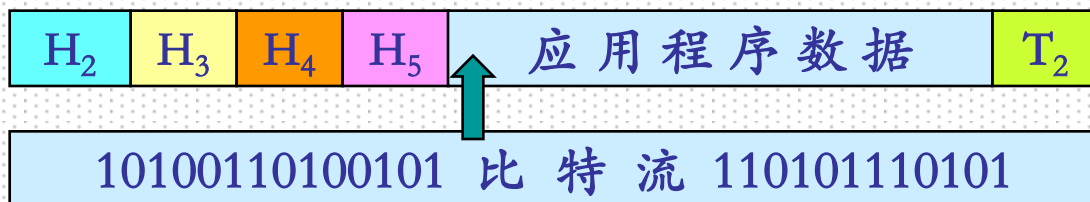


## 主机 1 向主机 2 发送数据

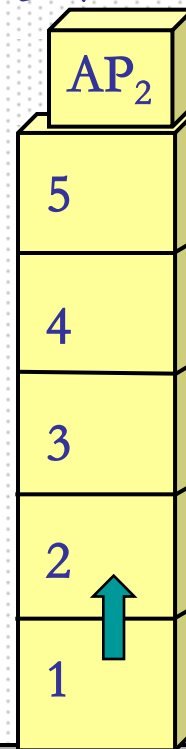
主机1



计算机 2 的物理层收到比特流后  
交给数据链路层

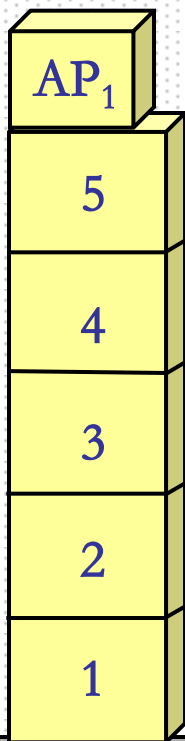


主机2

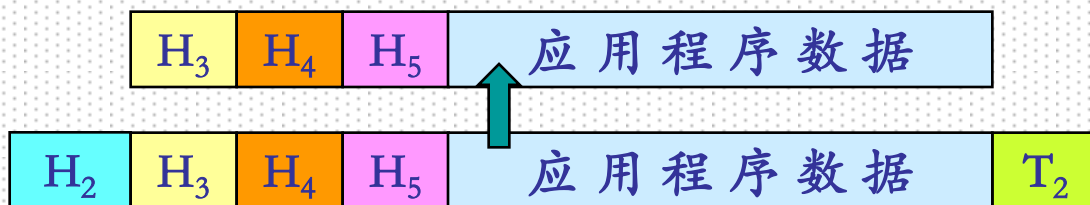


## 主机 1 向主机 2 发送数据

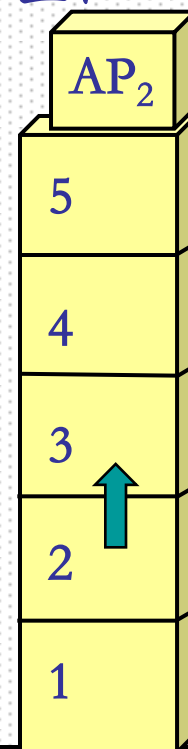
主机1



数据链路层剥去帧首部和帧尾部后  
把帧的数据部分交给网络层

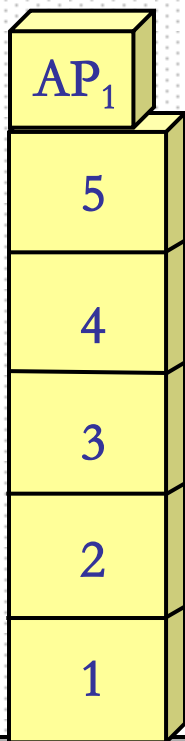


主机2

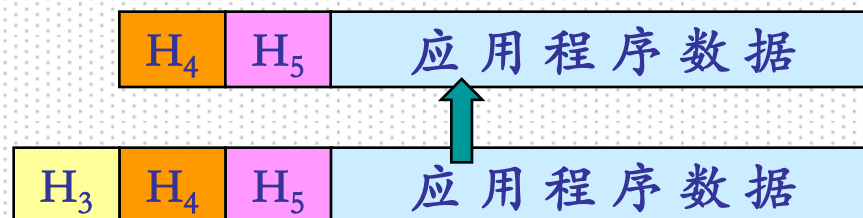


## 主机 1 向主机 2 发送数据

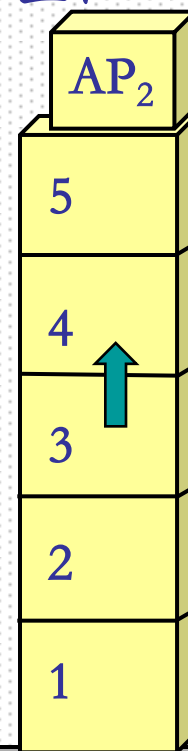
主机1



网络层剥去分组首部后  
把分组的数据部分交给传输层

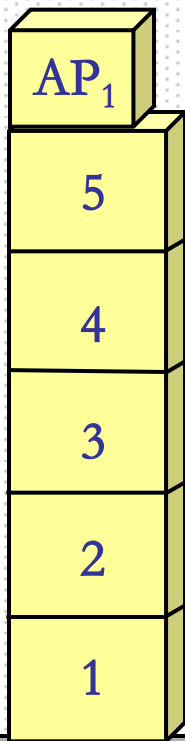


主机2

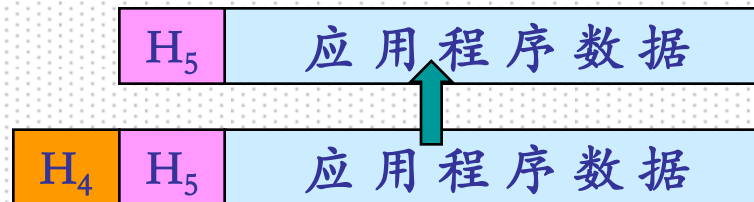


## 主机 1 向主机 2 发送数据

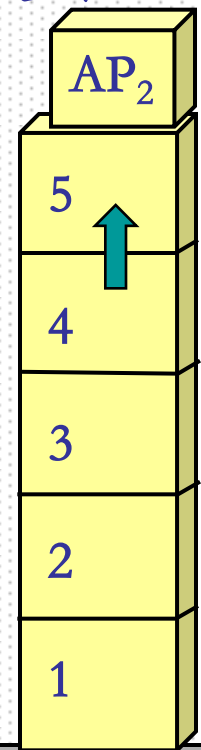
主机1



传输层剥去报文首部后  
把报文的数据部分交给应用层

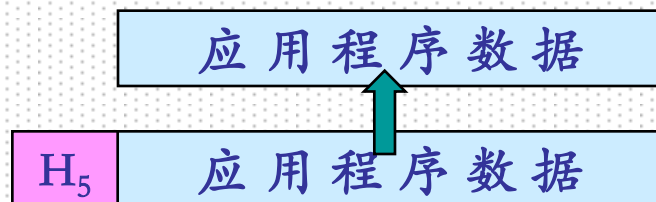
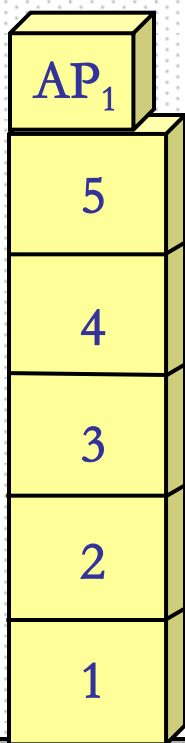


主机2

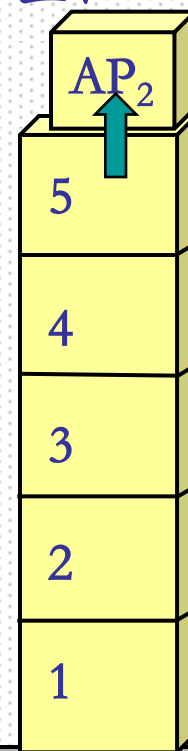


## 主机 1 向主机 2 发送数据

主机1



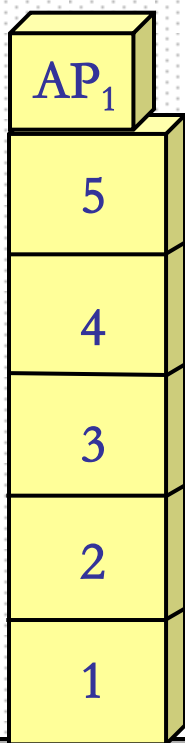
主机2



应用层剥去应用层 PDU 首部后  
把应用程序数据交给应用进程

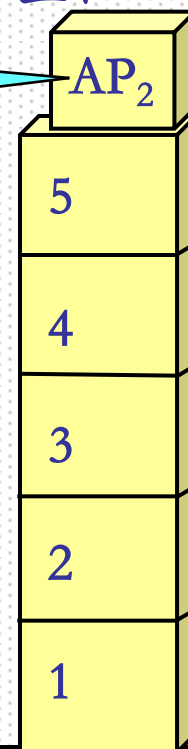
## 主机 1 向主机 2 发送数据

主机1



我收到了AP<sub>1</sub>发来的  
应用程序数据!

主机2



- 什么是计算机网络？
- 计算机网络拓扑结构有哪些？
- 计算机网络性能指标有哪些？
- 计算机网络体系结构是什么？
- 思考题
  - P23: 1.1、1.4、1.8、1.11、1.13、1.15、1.23