

3.1 开放系统互连/参考模式的提出

计算机之间通信的**前提**：双方遵循数据格式和时序方面的约定（协议）。

计算机通信为基于计算机处理的信息共享创建了基础；

用户的应用刺激了计算机连网的需求；

厂商（如IBM、DEC）：计算机间通信研究的先驱者；

问题：限于本公司生产的产品的互连通信。

用户不满意：限制了选择的范围；

厂商不满意：难以进入其他厂商已有的领域，限制了产品的通用性和更广阔的市场；

限制了产业细化，不利于质量求精；

不利于资源共享。

标准国家化和国际化成为大势所趋。

☆ 行业/专业标准化组织—行业/业界标准:

电子工业协会 (EIA)

电气电子工程师协会 (IEEE)

因特网协会 (ISOC-Internet Society) , ...;

☆ 国家标准化组织—国家标准:

美国国家标准化协会 (ANSI)

中国国家标准委员会 (国家技术监督局主管) 、 ...;

☆ 区域标准化组织—区域标准:

欧洲标准化委员会 (CEN)

欧洲计算机制造协会 (ECMA) , ...;

☆ 国际标准化组织—国际标准:

国际标准化组织 (ISO)

国际电信联盟 (ITU) , ...。

☆ 标准化组织的成员：

政府（行业）代表+研究人员+厂商代表；

☆ 标准制定的一般过程：

规划阶段（应用需求、厂商建议、授权工程，形成技术委员会或者工作组）

研发阶段（草案研发、验证和建议稿）

获批阶段（成员投票、修正完善、形成标准）

发布阶段（诞生新标准）。

国际标准通常每4—5年予以复审，推陈出新。

我国的国家标准

国家技术监督局统一指导，中国国家标准委员会负责实施：

- **等同采用**：直接引用国际标准（翻译）；
- **等效采用**：技术内容和编写风格略有差异；
- **参照采用**：根据国家特点，参照国际标准，制定国家标准。

国家标准以**GB XXXX**的形式公布。

计算机网络（包括信息技术）方面标准以**等同采用**为主。

其他说明：

标准滞后于实物（研究成果的总结和归纳）；

标准具有时效性（新工艺和新技术对原有标准的改进—刷新）；

标准的制订者：研究人员、厂商代表（具体实施者）；

厂商的重要性：验证标准，标准产业化；

厂商可能的排他性：市场因素。

为促进厂商的网络互联和互操作，ISO于1974年提出计算机网络体系结构和参考模型，以此作为网络标准化活动的基础。

—开放系统互连参考模式（OSI/RM）

Open System Interconnection / Reference Model

网络体系结构：定义和表述网络设备及相关软件交互作用的逻辑结构，包括通信协议、报文格式、互操作规范等。

遵循相同体系结构的网络产品具有兼容性。

对应体系结构/参考模型的总体要求

- ★ 支持异种计算机之间的通信；
- ★ 支持各种通信媒体（现有的和未来的）；
- ★ 支持各种业务处理（现有的和未来的）；
- ★ 支持高级的人机接口（方便用户使用）；
- ★ 具有可扩充的能力，适应发展的需要（模块化）。

3.2 ISO的网络标准设计原理（OSI/RM）

★ 设计思想：抽象

标准的本身应当独立于实现的环境。

确定**总体框架**和模块的接口方式（如：OSI/RM）；

确定模块的外观特性（可提供的**服务**）；

确定模块间的**协议规范**（确保服务可提供时应遵循的规则）；

协议：定义数据交换的**语法、语义和时序**。

★ 设计方法：分解

将整个系统分解为若干易于实现和控制的**子模块**，并通过对各子模块的功能、交换的数据结构和时序进行约定（协议），协调模块之间的动作，保证系统设计的合理性和互操作性。同时根据子模块间的**依赖关系**，采用具有**层次结构**的模型与之对应。

- **独立性**：减少模块间交互的信息，降低依赖性；
- **单向性**：模块间的引用坚持单向性，降低实现难度；
该原则导致系统本身体现**层次性（层次结构）**；
- **增值性**：各模块在使用下层服务的基础上，完成特定的通信功能，提供增值服务；
- **同构性**：互连的系统应当具有相同的层次结构；
- **适用性**：同构系统的相同层次之间才能进行有意义的通信，并借助于下层服务予以实现。

OSI的最大**优势**——引入层的概念：

- △ 层间独立，灵活性好；
- △ 结构分割，易于实现和维护；
- △ 各层独立设计、更新，甚至替换，利于标准化工作。

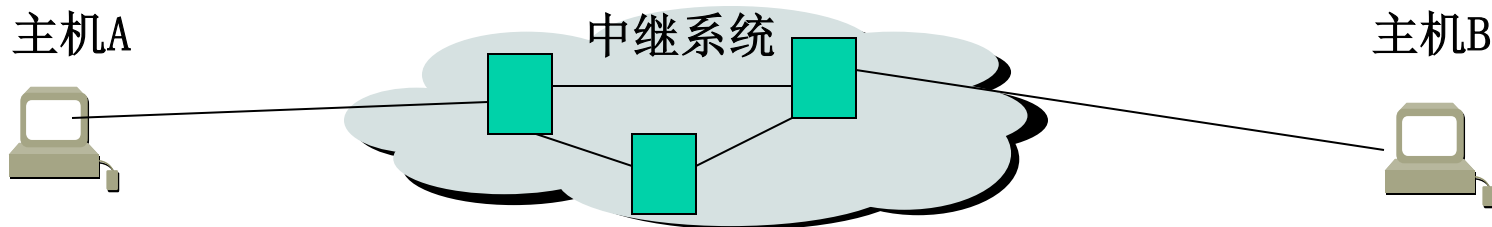
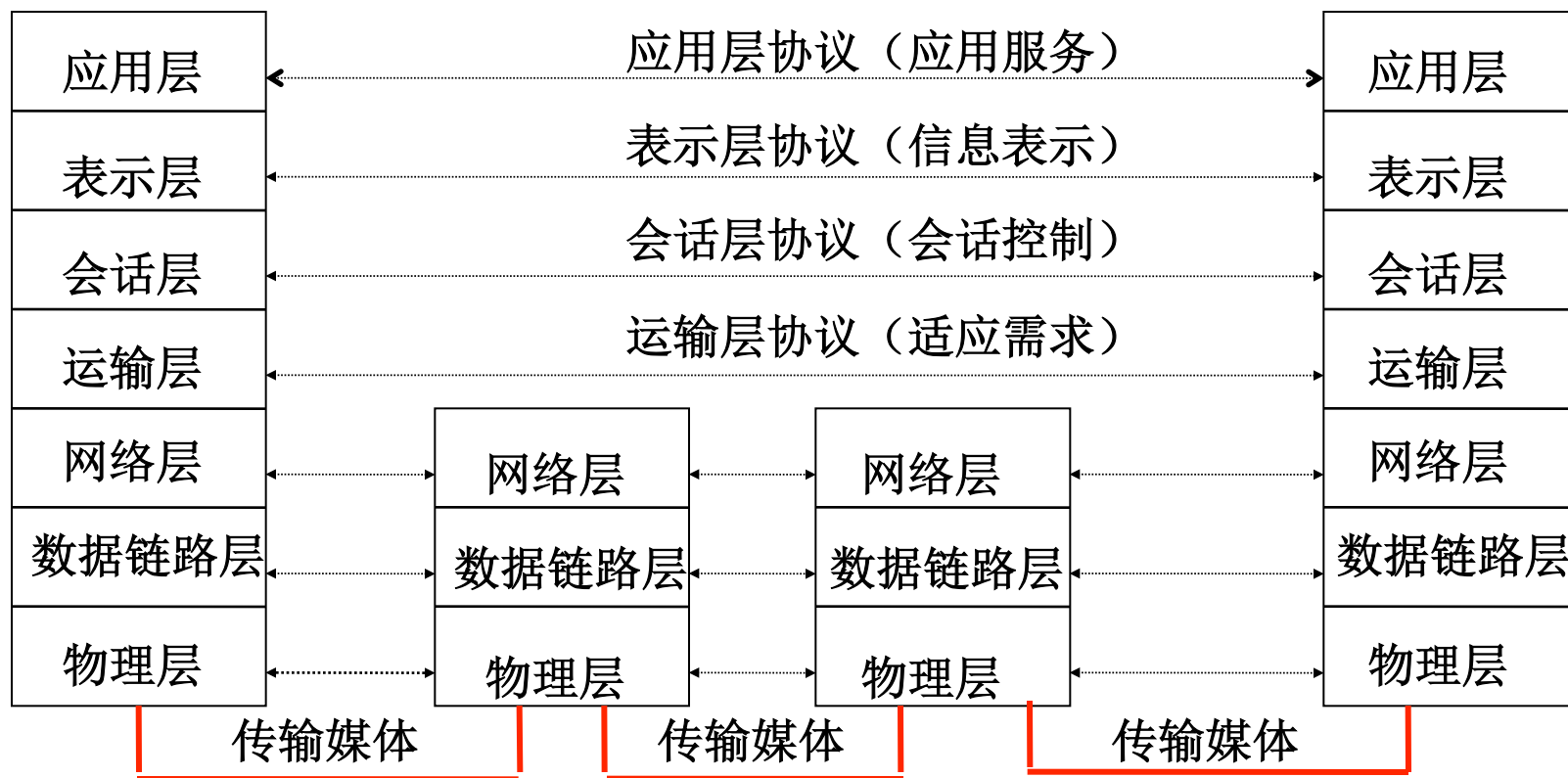
层数**选择**：层数太少，每一层的协议太复杂。

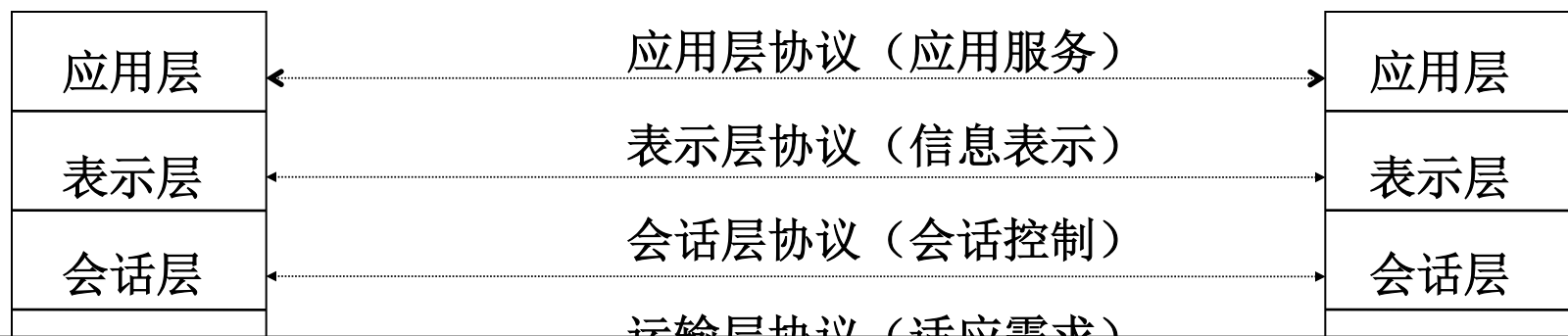
层数太多，难以描述和综合各层功能。

各层功能明确

★ OSI/RM的层次——七层体系结构:

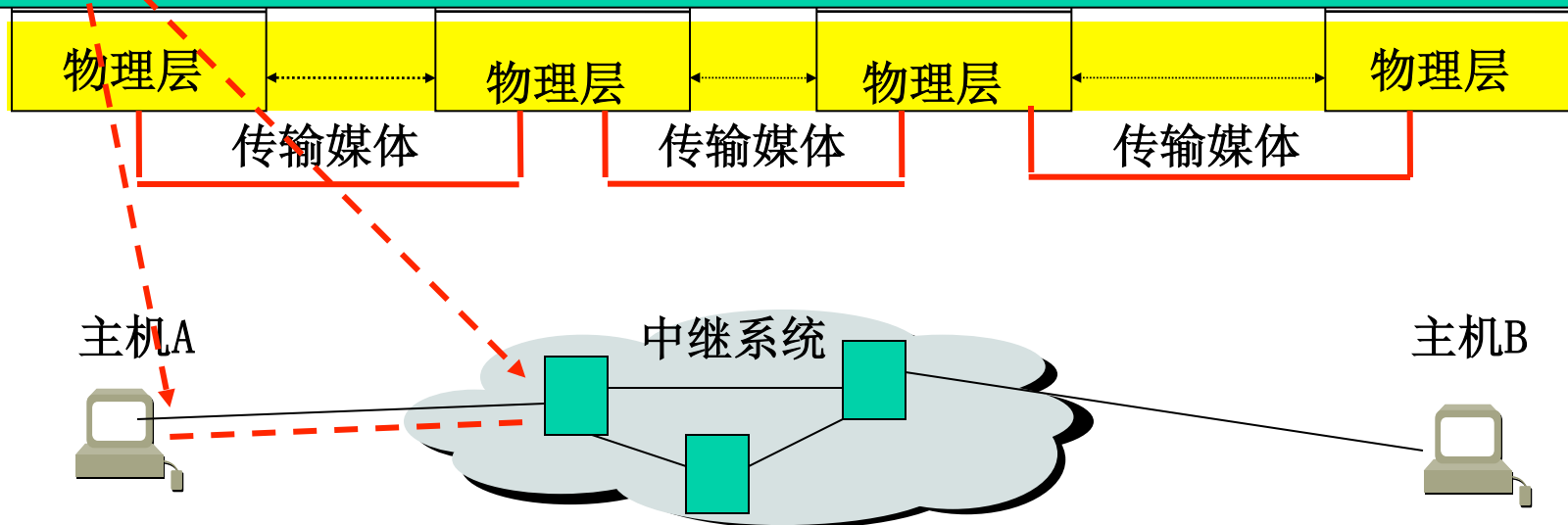
7





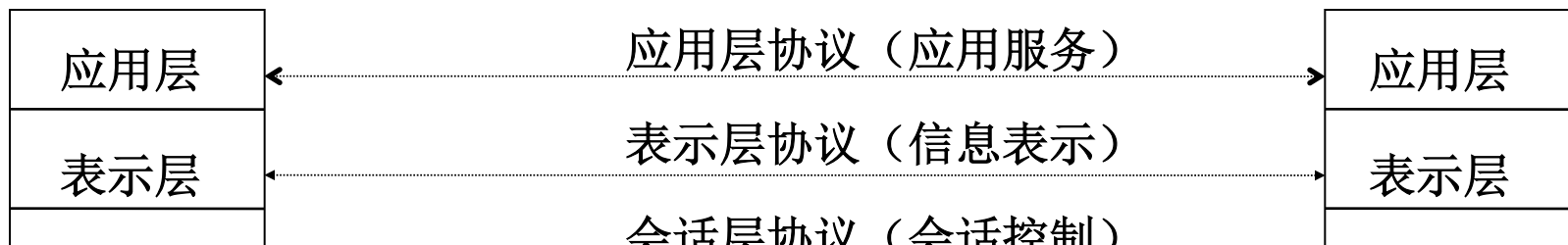
物理层 (PH):

确定物理设备接口，提供点一点的比特流传输的物理链路；

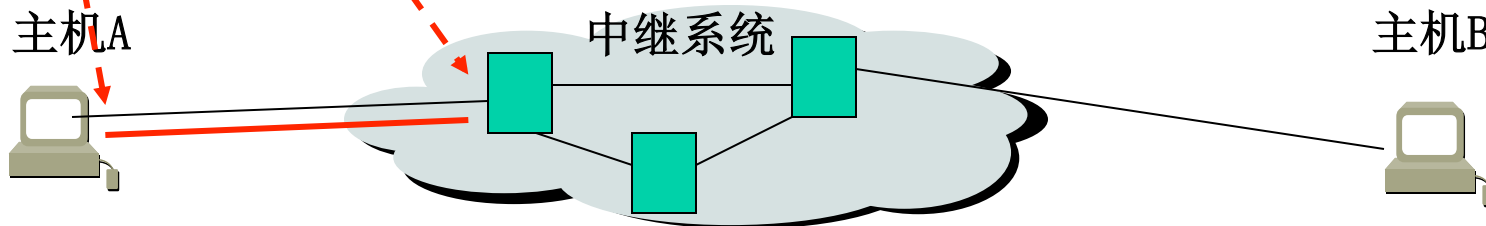
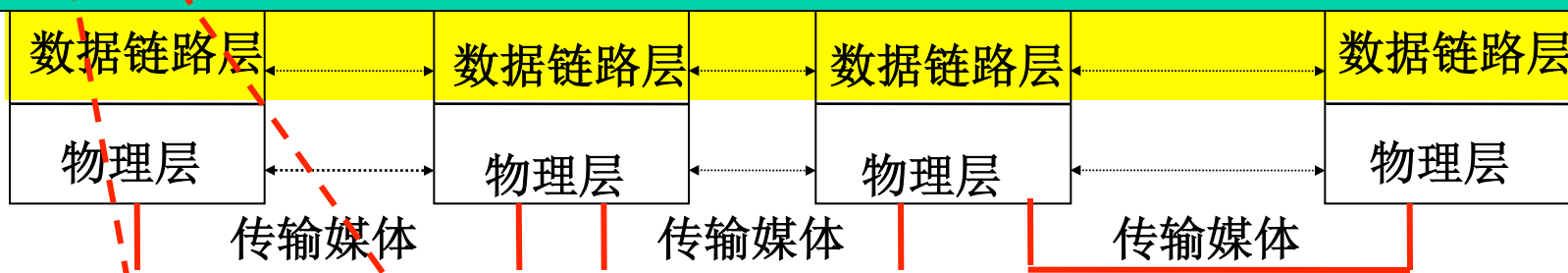


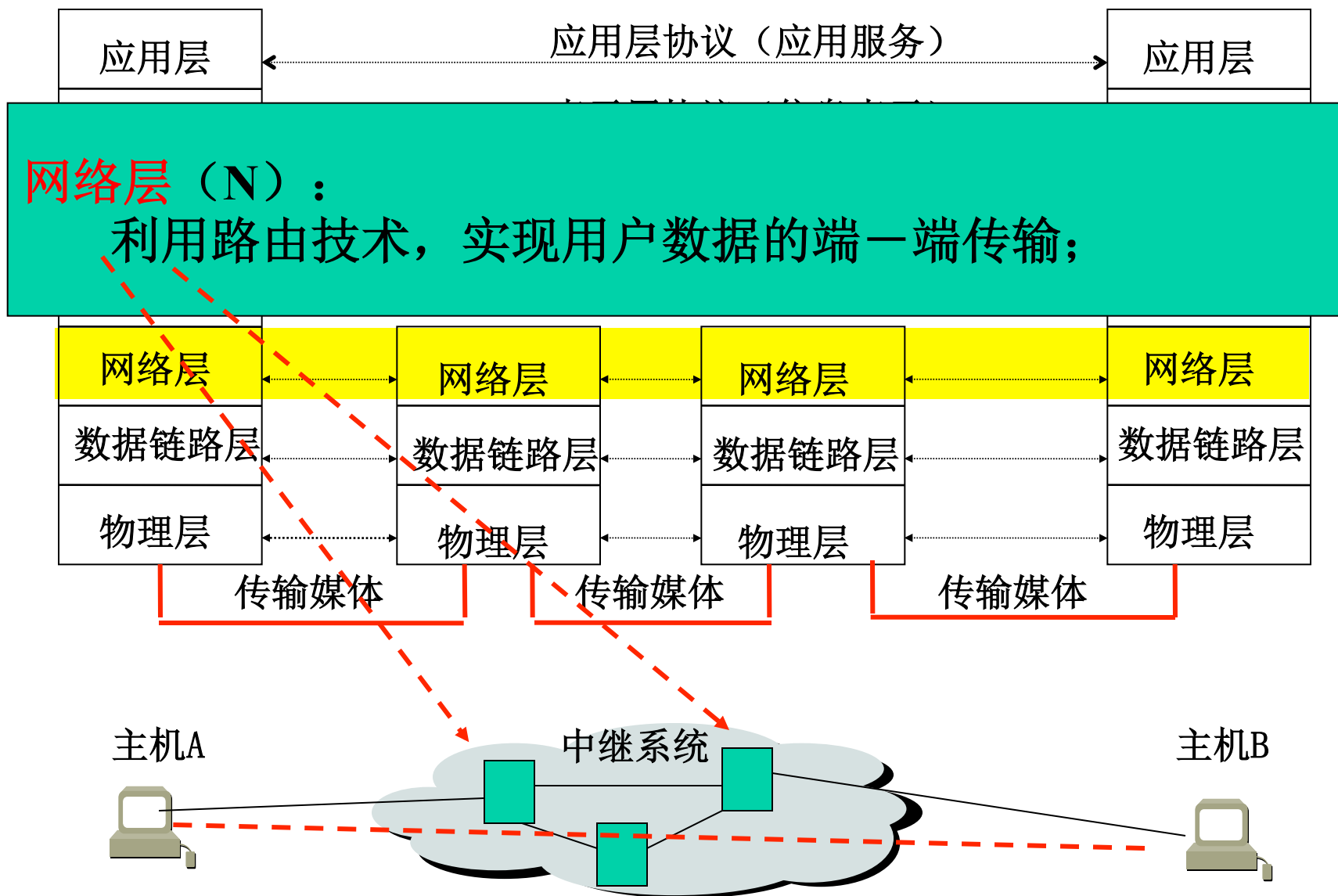
★ OSI/RM的层次——七层体系结构:

8



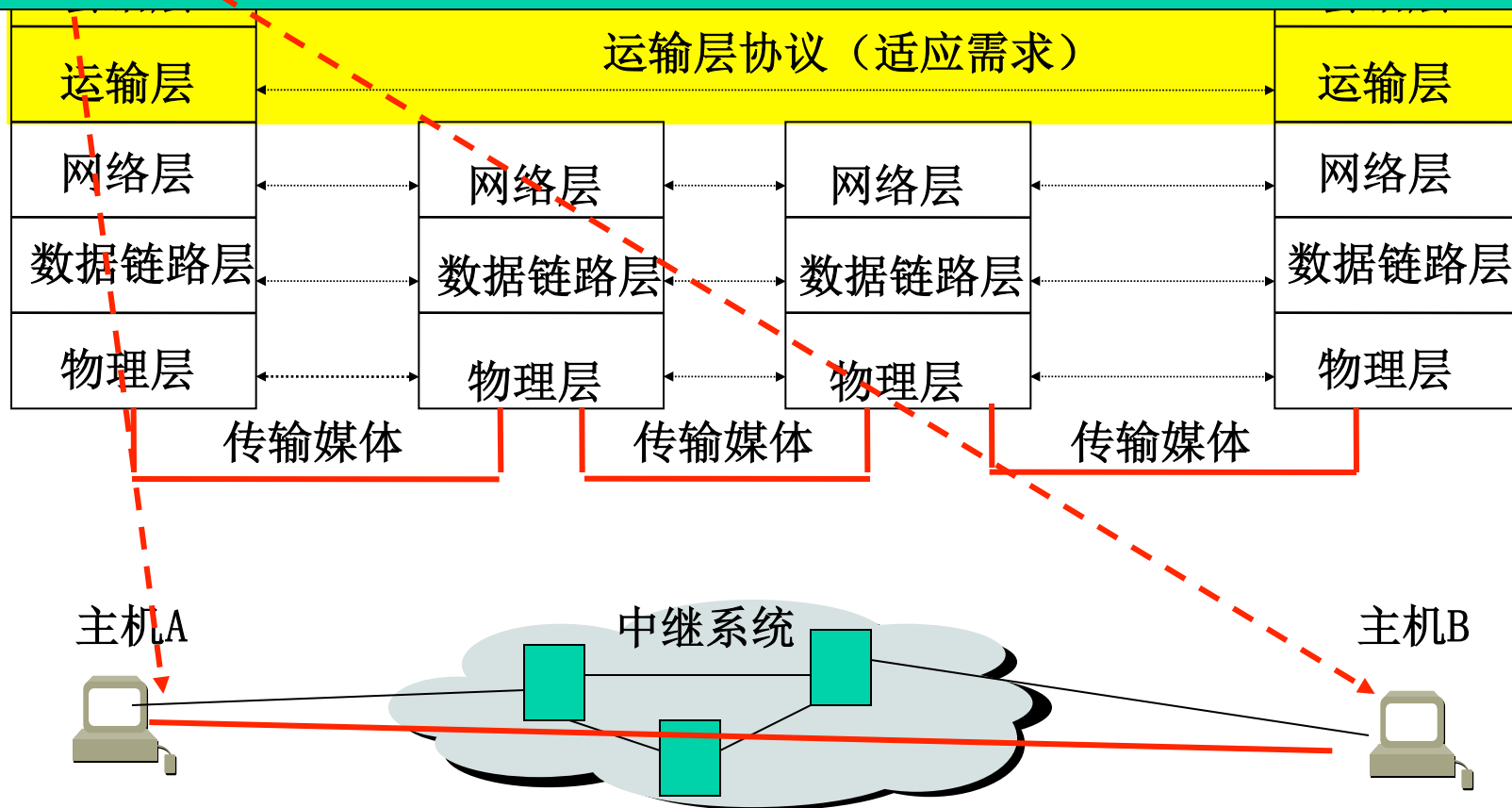
数据链路层 (DL)，
利用差错处理技术，提供高可靠传输的数据链路；





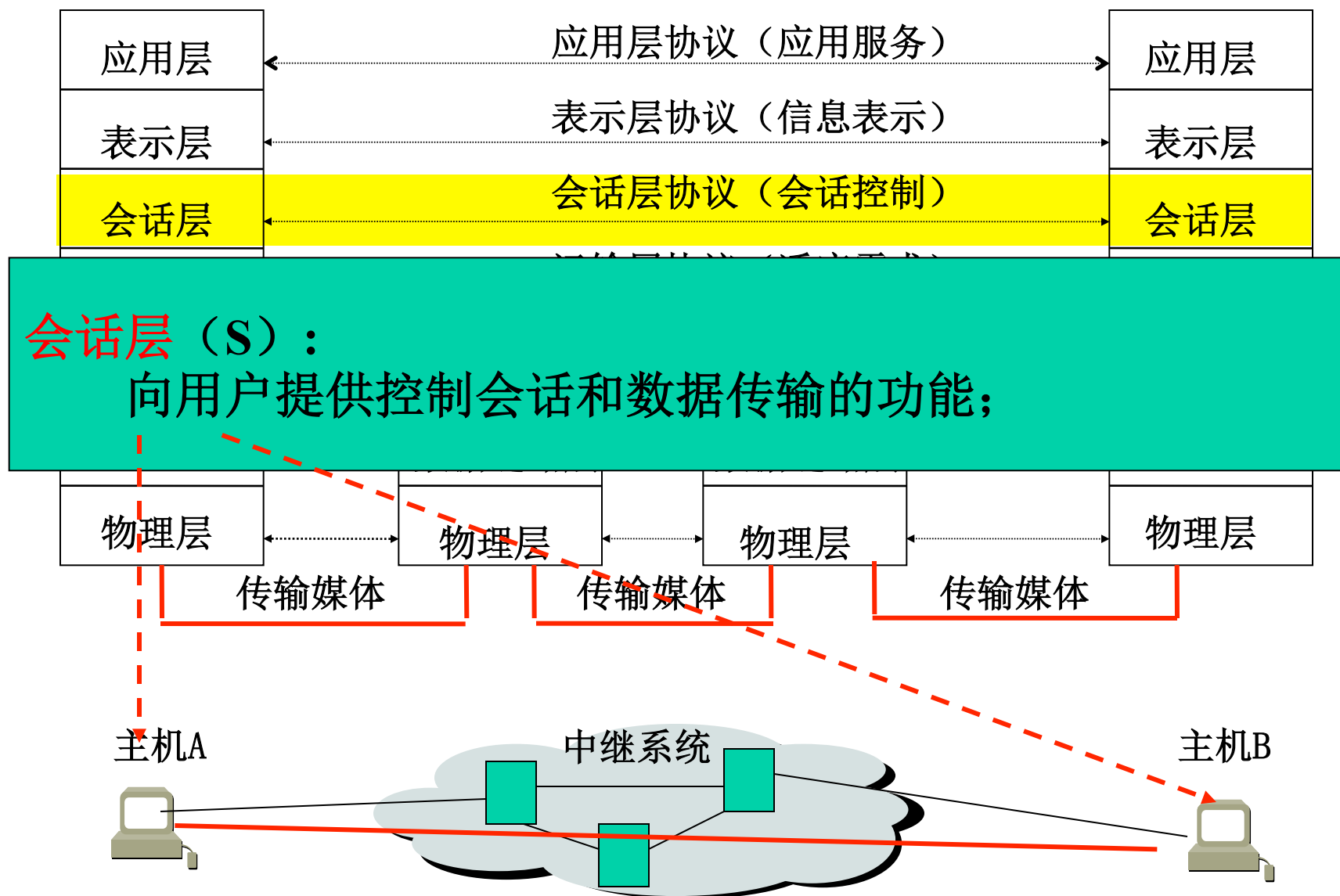
运输层 (T):

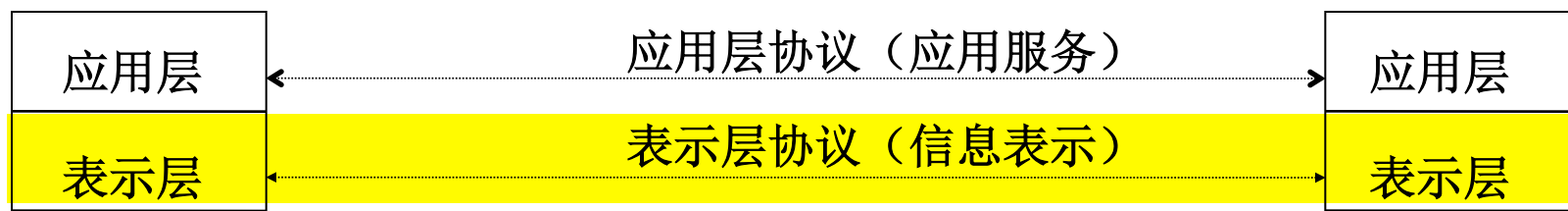
屏蔽通信子网差异, 以及用户要求和网络服务之间的差异;



★ OSI/RM的层次——七层体系结构:

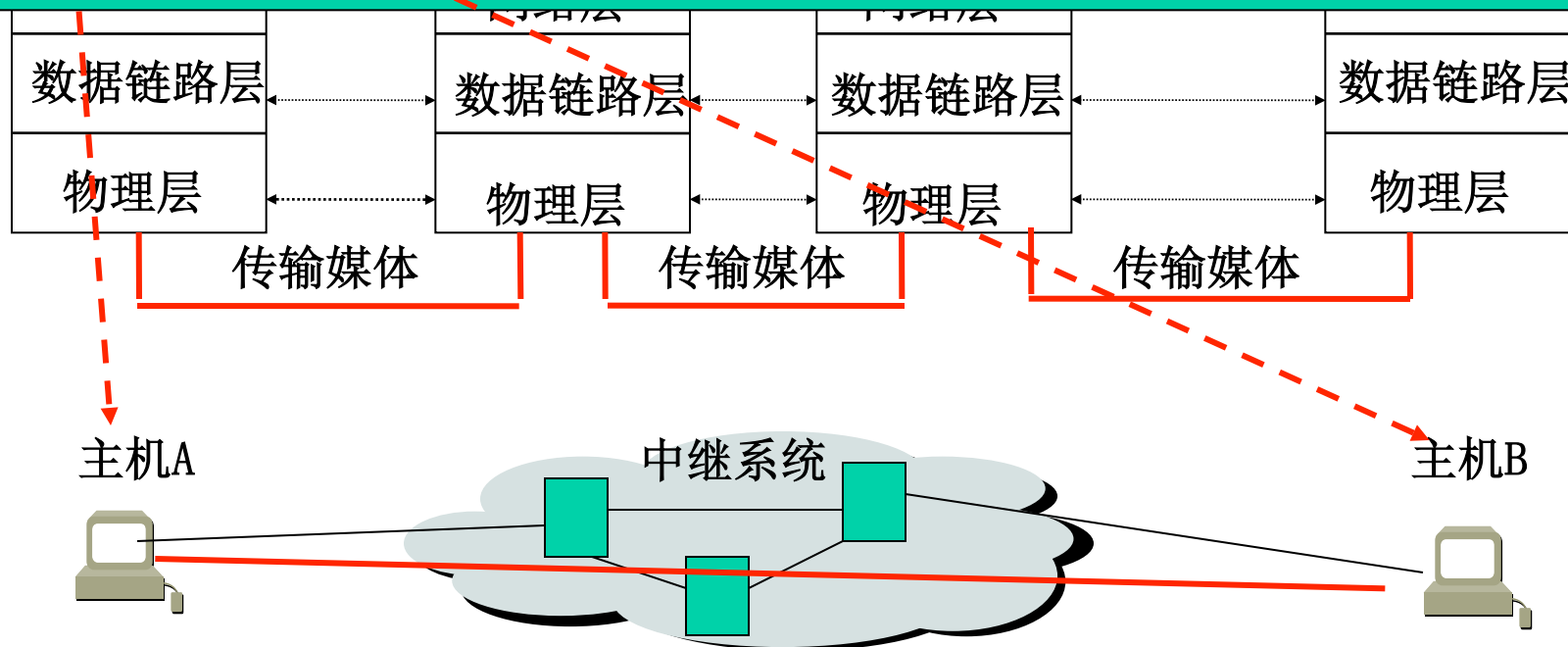
8

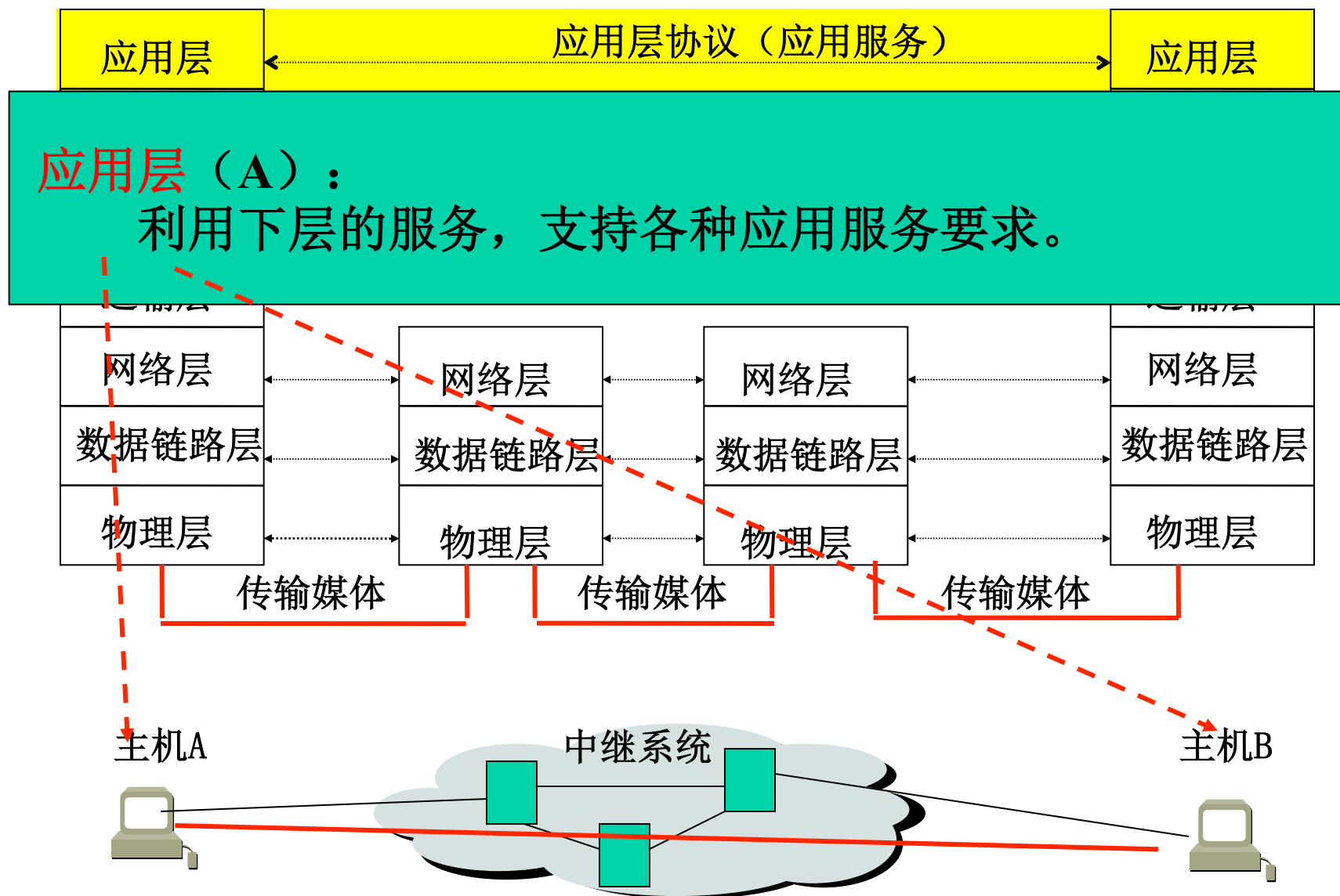




表示层 (P):

解决异种系统之间的信息表示问题,
屏蔽不同系统在数据表示方面的差异;





★ 对应电话的层次体系理解：

9

物理层：话机—交换机—交换机—话机的点到点物理连接；

数据链路层：点到点连接的可靠性（话音质量）；

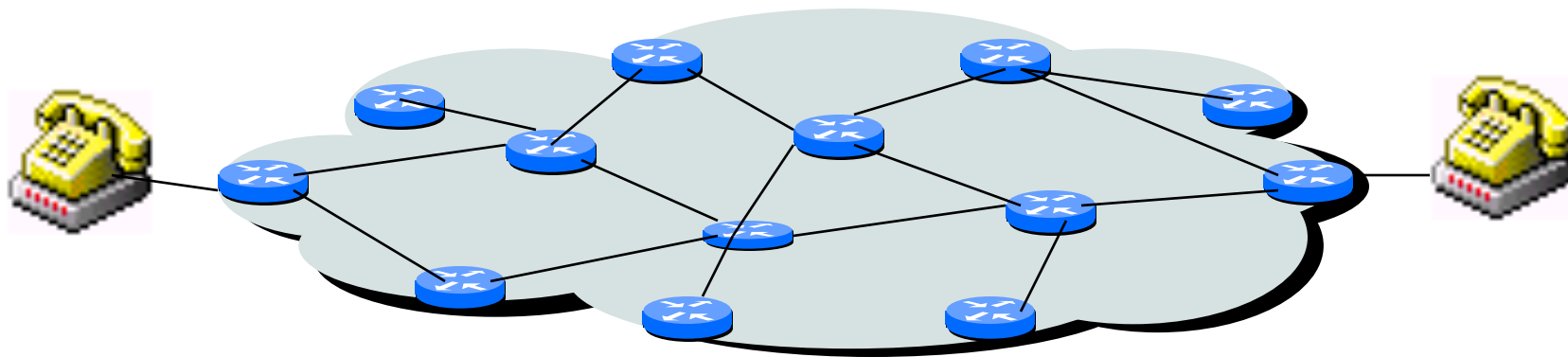
网络层：交换机的协作，支持话机—话机的沟通；

运输层：需求和支持能力的匹配；

会话层：会话时序控制（习惯）；

表示层：表达语言的匹配（包括翻译）；

应用层：商讨具体事务。



3.3 OSI的相关术语

(1) 一般术语

“开放”：所遵循的标准是开放的（任何人都可以参照）；遵循标准开发的系统是开放的（可以和任意地方、任意系统进行通信，只要该系统也遵循相同的标准）。

“开放系统”：依据OSI标准开发的硬软设施的总称。

“开放系统互连”：彼此开放的系统通过联合使用适当的OSI标准进行的信息交换。

开放系统互连参考模式/模型（OSI/RM）：供设计开放系统时参考的模型。

“层”：开放系统的逻辑划分，指功能上相对独立的一个子系统。

(N) 层表示OSI层次结构中的任一层；

(N+1) / (N-1) 层分别表示指定层次的上邻层/下邻层。

N+1
N
N-1

“层功能”：本层具有的通信能力（内在通信能力，标准指定）；

“层服务”：本层向上邻层提供的通信能力。根据OSI增值服务的原则，本层的服务应是下邻层服务与本层功能之和。

即：(N) 服务 = (N) 功能 + (N-1) 服务

“层协议”：为保证层功能的实现和层服务的提供而定义的一组有关通信方面的、在语义、语法和时序方面的约定。同一层次中可能定义多个协议，只有执行相同协议的系统之间才能进行通信。

“层实体”：层功能实现的真正承担者（相应的硬软件）。

“层用户”：层服务的使用者（上邻层实体）。



层服务被引用的工具。服务原语由**原语名**和**原语参数**两部分组成（类似编程时的程序调用和参数传递）。服务原语主要分为两大类：

无确认的原语类型：发出的请求原语无需对方予以确认。

XXXX. REQ —————→XXXX. IND

有确认的原语类型：发出的请求原语要求得到确认。

XXXX. REQ —————→XXXX. IND

XXXX. CNF ←————XXXX. RSP **或**

XXXX. REQ —————→XXXX. IND

XXXX. CNF

服务原语确定了相邻层次之间的接口。

上邻层利用服务原语来通知下邻层**要做什么**；

下邻层利用服务原语来通知上邻层**已做了什么**。

OSI标准仅定义了服务原语的内容。

N-conn Req/Ind 01

N-conn Resp/Conf 02

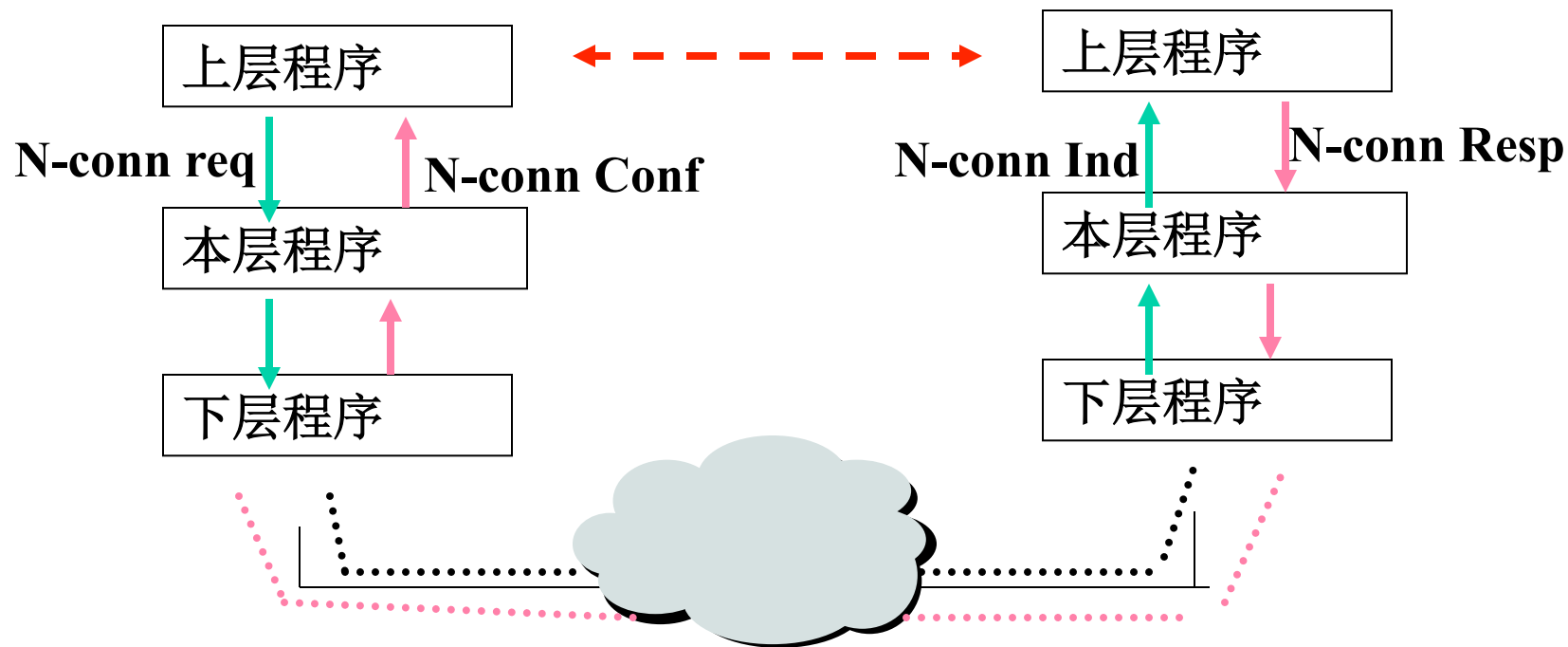
N-data Req/Ind 03

N-disc Req/Ind 04

原语及参数：



原语使用：



(3) 层间通信（模块间交互的方法）

★ 相邻层之间通信：

相邻的上下层之间的通信；属于局部问题，标准中只定义了通信的内容（服务原语），未规定这些内容的具体表现形式和层间通信实现的具体方法。

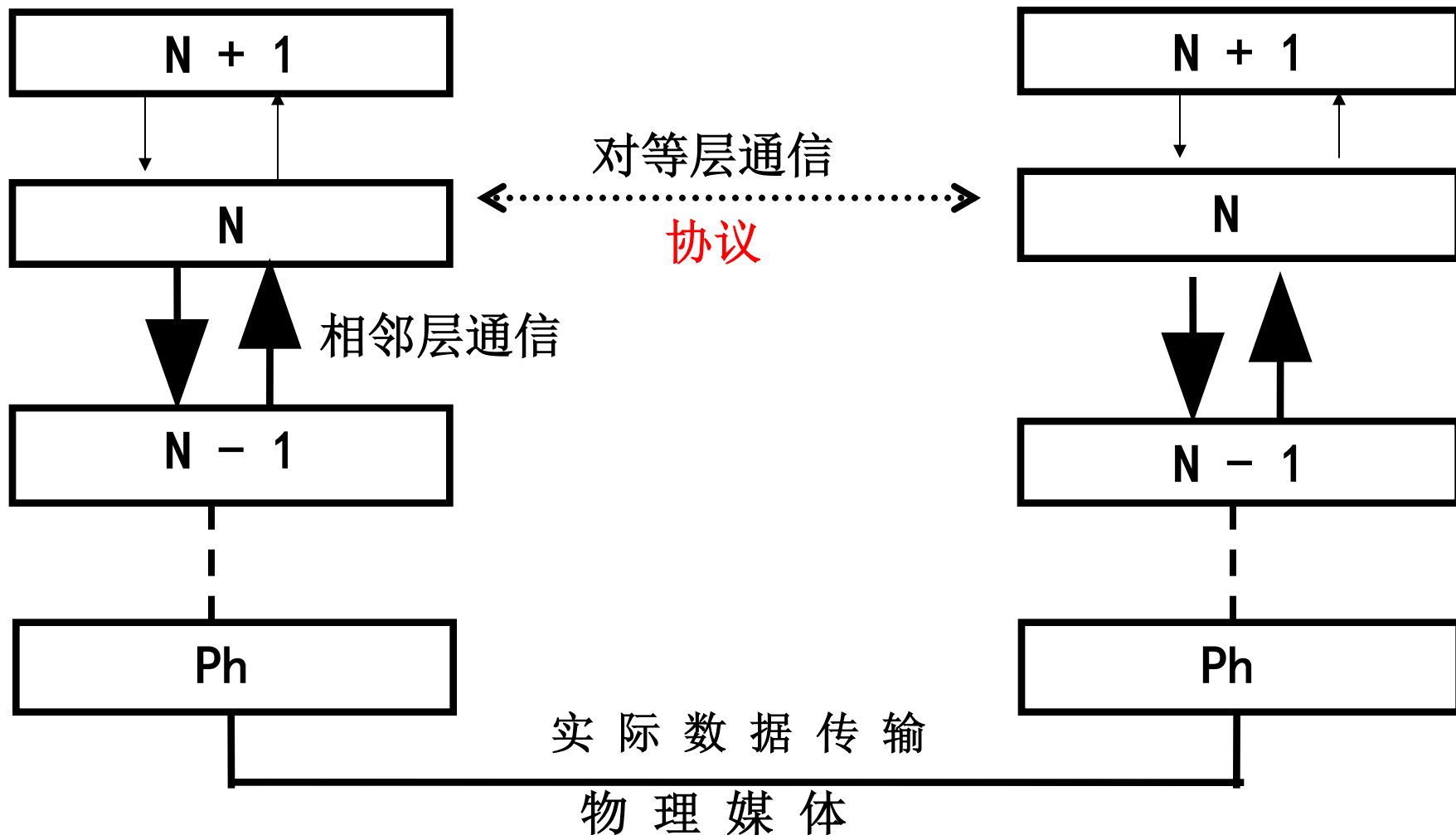
★ 对等层之间通信：

不同开放系统中的相同层次之间的通信，对等层实体之间的信息交换；

OSI标准为每一层的通信都**严格**定义了**协议**数据单元的格式。

对等层之间的通信是**目的**，（对等层实体的协作保证该层功能和服务的实现）；

相邻层之间的通信是**手段**，（保证对等层实体之间的通信得以实施）。



(4) 数据类型 (模块间交互的对象)

16

数据单元 (DU) : OSI环境中交换的数据。

服务数据单元 (SDU) : 相邻层间交换的数据单元, SDU为服务原语的表现形式。

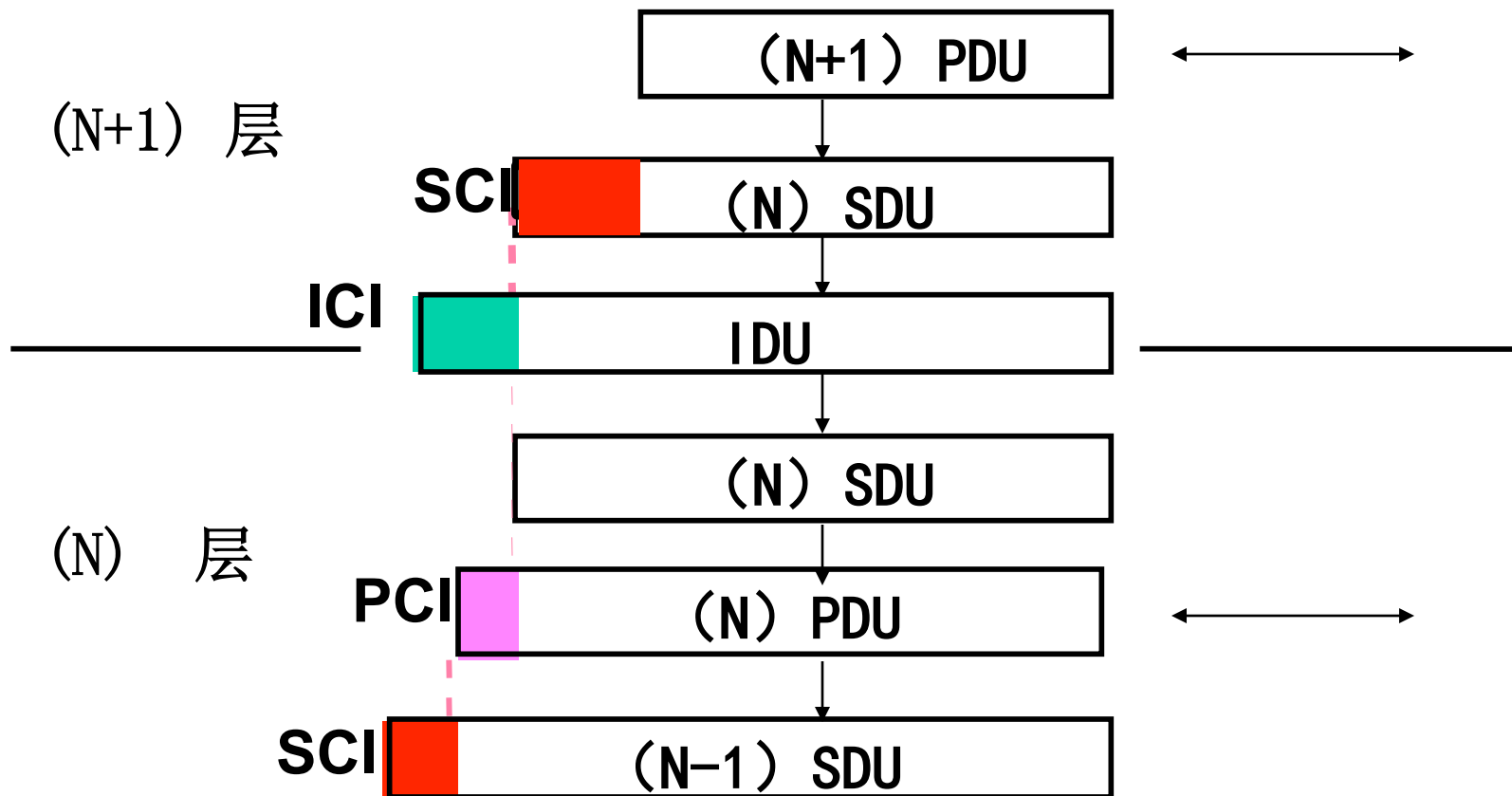
接口数据单元 (IDU) : 相邻层界面上体现的数据单元,

$$IDU = SDU + \text{接口控制信息。}$$

协议数据单元 (PDU) : 对等层间交换的数据单元,

PDU的内容和格式由协议精确地定义。

(N) PDU作为 (N-1) SDU的一部分, 传递给下层, 直至对等层实体。

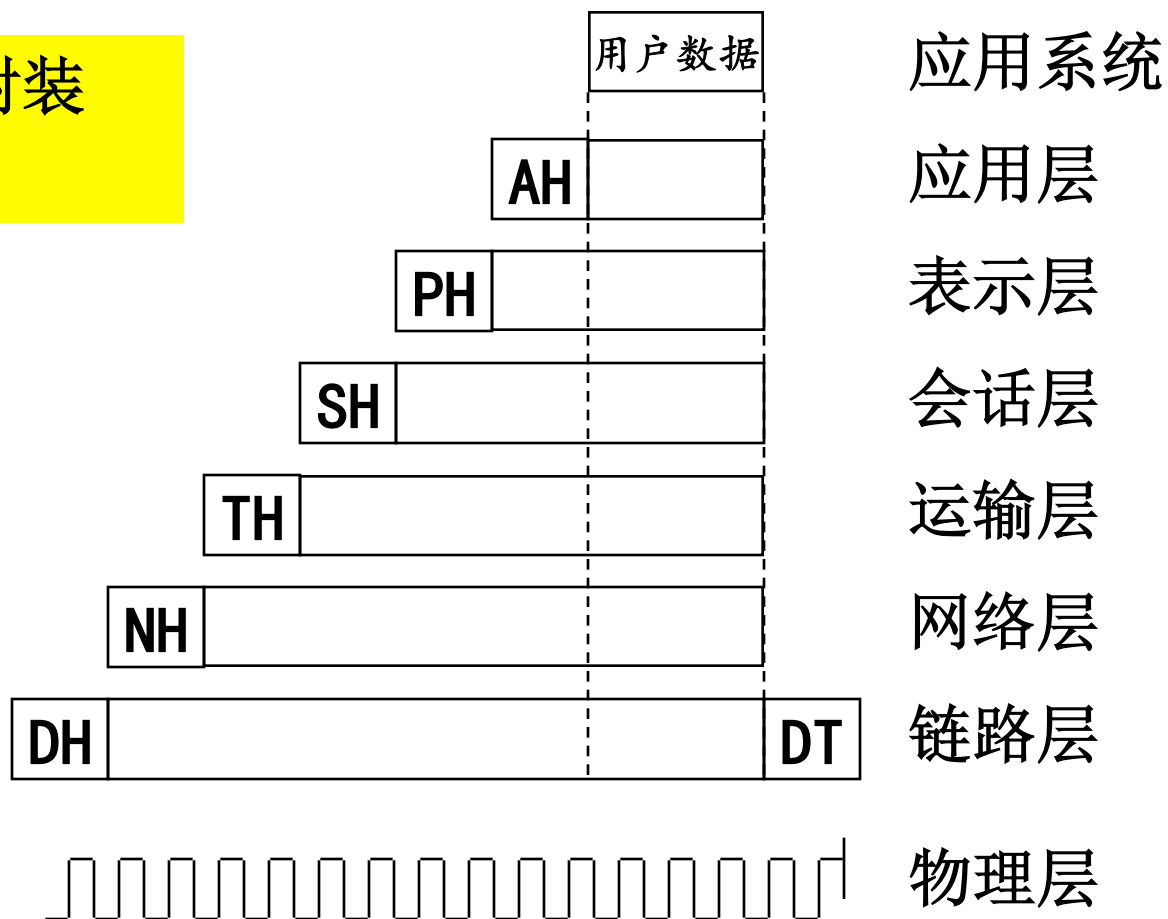


SCI..... 服务控制信息
ICI..... 接口控制信息
PCI..... 协议控制信息

SDU----服务数据单元
PDU----协议数据单元

OSI环境中数据封装

- 数据层层封装
- 效率较低?



★ **面向连接**：对等实体在传输PDU之前，必须建立起连接，整个过程包括建立连接、传输数据和释放连接。

建立连接：包括鉴别对等实体的身份、协商数据传输时的控制信息（例如：用户数据的体积、窗口尺寸、使用的**协议类别**等）；

传输数据：包括传输用户数据，以及为了数据传输而进行的交互控制（例如：数据传输的确认、活动管理、令牌传递等）；

释放连接：释放双方已经建立起来的连接。

特点：传输数据和释放连接时，无需携带地址信息，所有的动作均基于已经建立的连接。

★ **面向无连接**：对等实体在传输PDU之前，无需首先建立连接，传输的数据中必须携带地址信息，有关的控制要求只能静态约定。

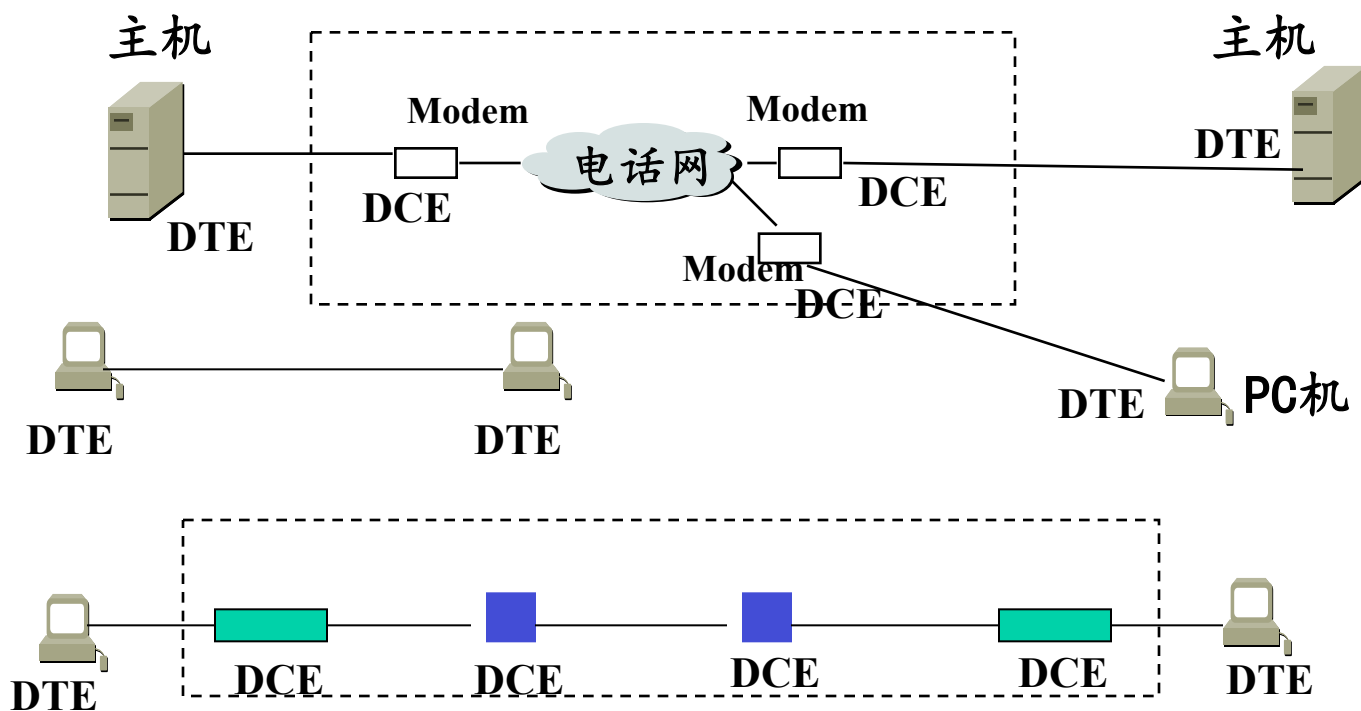
- 各层功能明确，能力层层递进；
- 规定接口，有利于各个子模块的独立设计，提高设计的灵活性和兼容性；
- 严格定义交换的信息，有利于互操作；
- 层次较多。数据处理过多，耗费了较多的资源；
- 控制信息层层增加，通信效率随着层次的增加而降低。

(1) 术语

数据终端设备 (DTE)，希望通过网络互连的设备（入网设备），包括：计算机、终端等；

数据电路终接设备 (DCE)，网络中含有的通信设备（网内设备），包括：交换机，路由器等；

物理连接：由物理层提供的、在该层用户之间建立起来的一种临时的联系——点到点的联系。



通过规定物理设备和物理媒体之间的接口技术，实现物理设备之间的比特流透明传输（包括DTE—DTE和DCE—DCE之间）。

(3) 物理层**服务**

建立、维持和释放物理连接（标识物理连接、选择服务质量：速率、延迟、传输误码率等），并在物理连接上透明传输比特流（包括排序和故障通知等）。

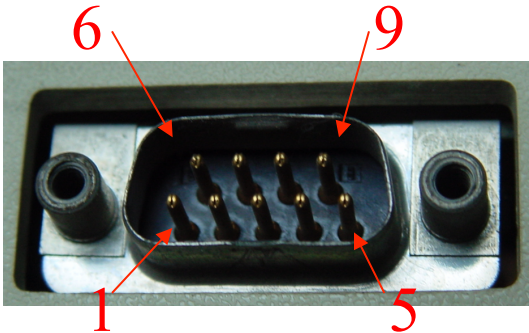
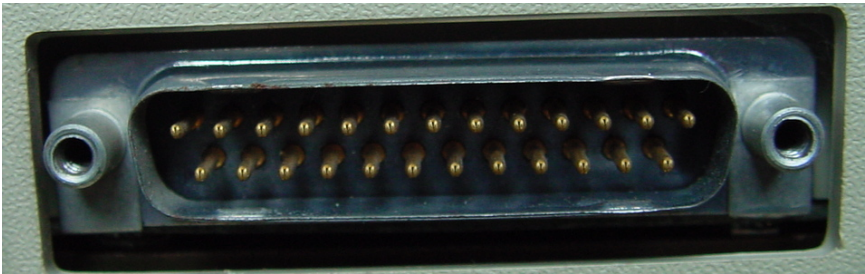
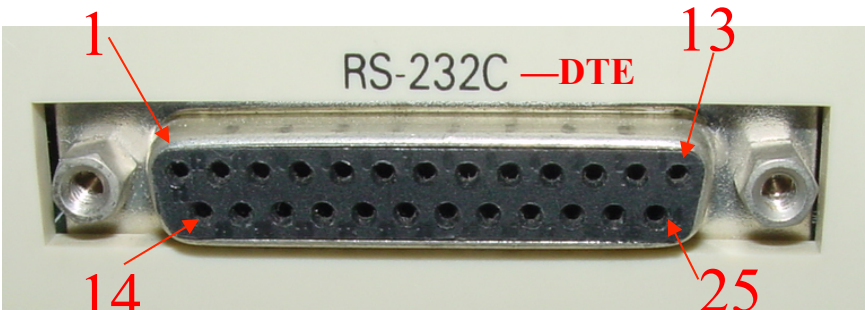
(4) 物理层**协议**

物理层标准从四个方面对物理设备和媒体之间接口进行定义。

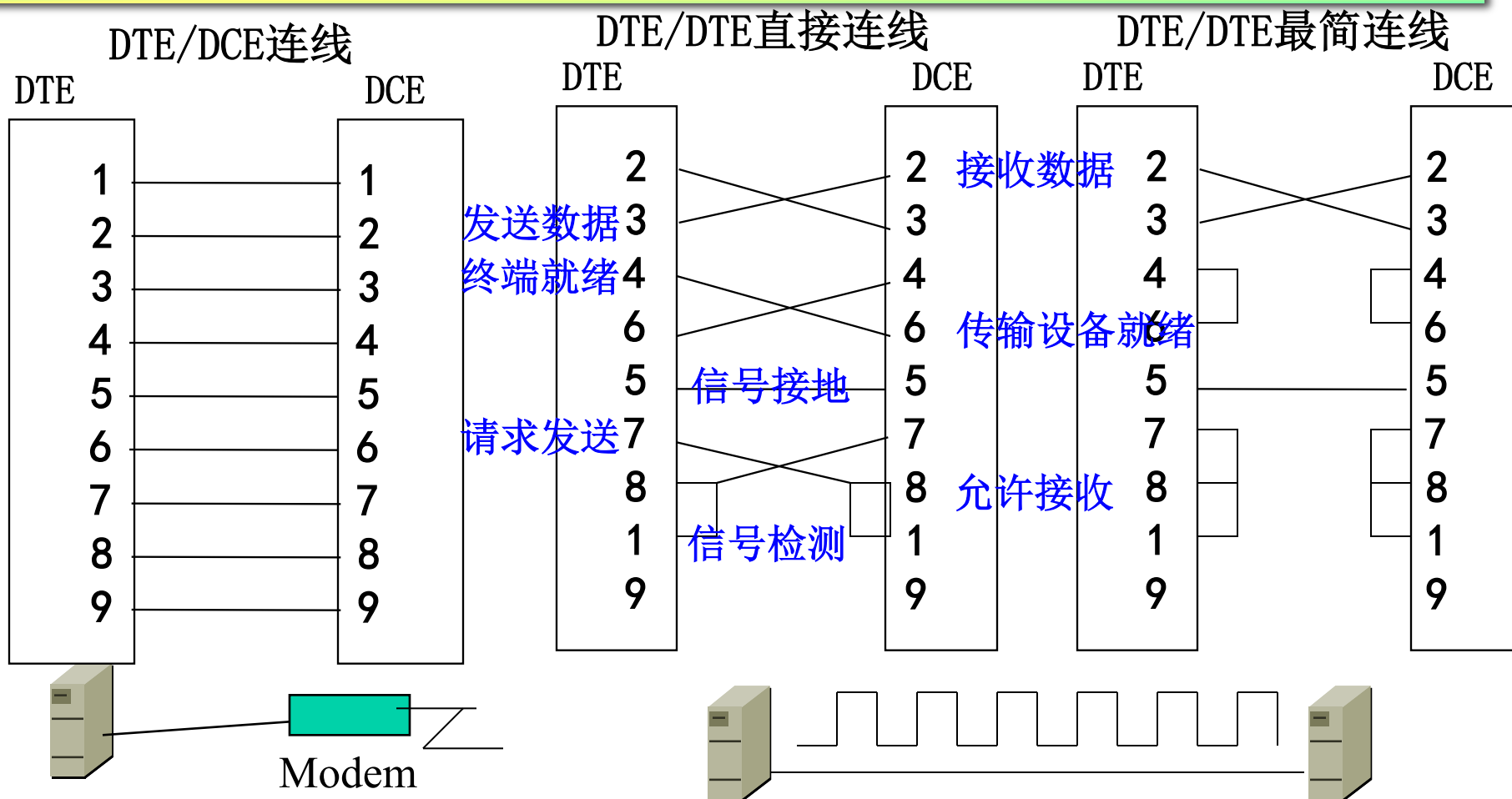
- **机械特性**：接口部件的尺寸、规格、插脚数和分布等；
- **电气特性**：接口部件的信号电平、阻抗、传输速率等；
- **功能特性**：接口部件的信号线（数据线、控制线、定时线等）的用途；
- **规程特性**：接口部件的信号线在建立、维持、释放物理连接和传输比特流的时序。

25芯或者9芯D型连接器
DB-9和DB-25插针对应关系表

DB-9	DB-25	插针功能说明	标记
1	8	信号检测	DCD
2 (RTS)	3	接收数据	RD
3 (TDX)	2	发送数据	SD
4	20	数据终端就绪	DTR
5	7	信号地	SG
6	6	数据传输设备就绪	DSR
7	4	请求发送	RTS
8	5	允许接收	CTS
9	22	振铃指示	RI



DTE侧为插座，DCE侧为插针。



RS 232C端口的设置:

端口号: com1, com2,
端口速率: 14.4k, 28.8k, 33.6k, 56k
奇偶校验: 奇, 偶, 无
数据位: 7位, 8位

Dos6.0以上版:

客户端—Interlnk
 服务器端—Intersvr
 速率: 150kbps

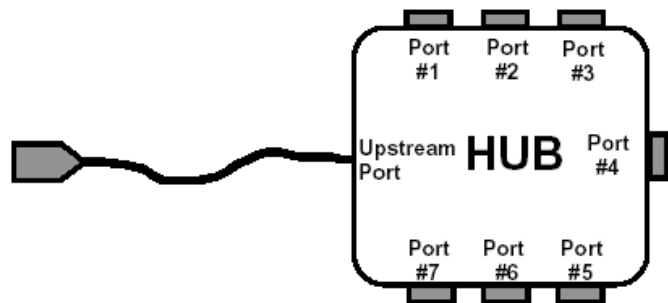
Compaq、HP、Intel、Lucent、Microsoft、NEC、Philips等公司联合制定标准；

目标：支持双向、低成本、低/中速外设接口；

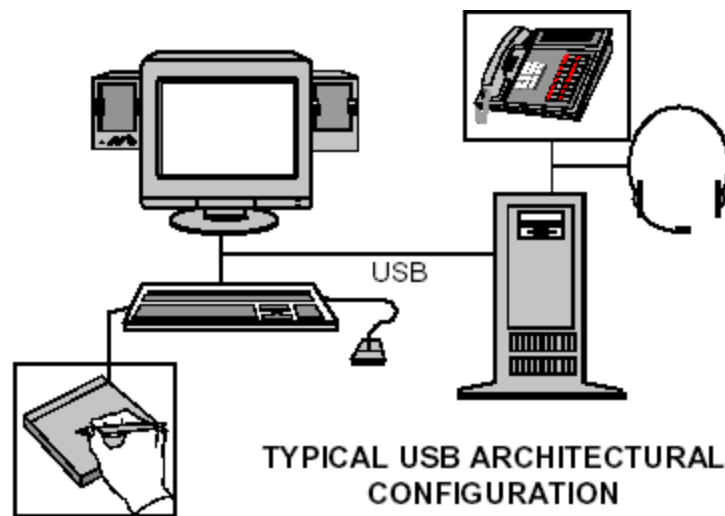
速率（2.0版本）：1.5M(低速)、12M(全速)、480M（高速）；

端口：4针（电源5v、接地、数据入/出）；

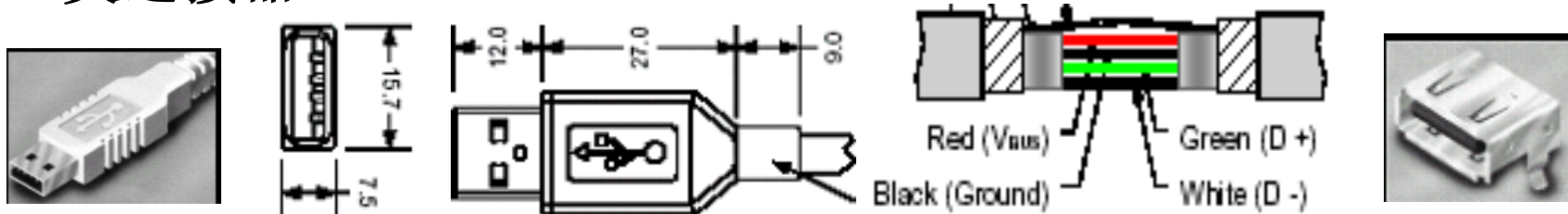
编码：NRZI（不归0交替编码）；



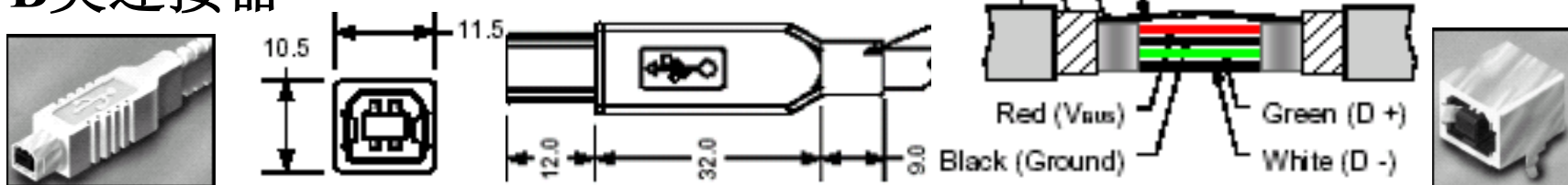
典型的HUB结构



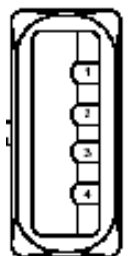
A类连接器



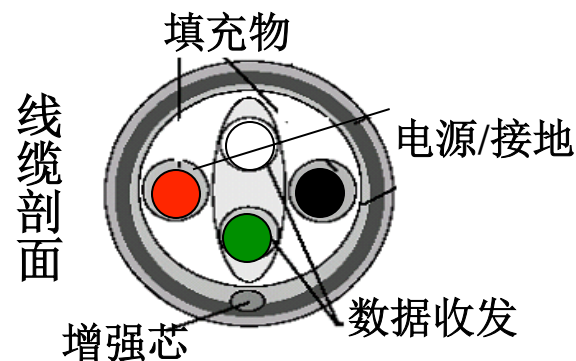
B类连接器



功能特性



- 1 = VBUS (红色, 5v)
- 2 = D- (白色)
- 3 = D+ (绿色)
- 4 = Ground (黑色)



(1) 基于物理层的问题:

- 物理连接是有**差错和不可靠**的（噪声和衰减）。
- 物理设备之间可能存在**传输速度不匹配**的问题。

(2) 数据链路层功能:

- **流量控制技术**（等一停协议、窗口机制等），解决速度不匹配的问题。
- **差错处理技术**，变不可靠的物理连接为可靠的数据链路，从而保证点一点的数据传输正确性。
- **数据链路**是指活动着的物理连接，通信之前，收/发双方互相联系而建立；传输完毕，双方协商而释放。

- 标识和维护数据链路（建立和释放，以及选择服务质量，差错处理机制等）。
- 传输DL SDU（定义帧格式），
- 施行流量控制，
- 进行差错通知（无法处理的差错情况，告知上层用户）。

(4) 数据链路层协议：

约定DL实体之间的控制信息和时序，保证DL服务的提供。

局域网（802.3—CSMA/CD，802.4—令牌总线、802.5—令牌环）

面向字符型的数据链路控制规程——二进制同步控制规程（BSC）；

面向比特型的数据链路控制规程——高级数据链路控制规程（HDLC）。

➤ **指导思想：** 利用多条物理/逻辑单链路来支持多链路。

➤ **采用技术：** 分流/合流

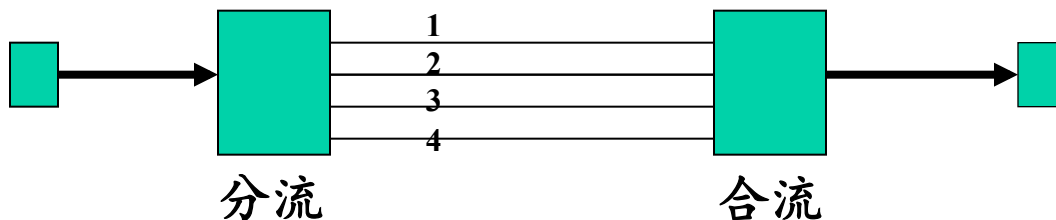
用多条（N-1）连接来支持单条（N）连接，

从多个（N-1）连接中分解出（N）连接的数据传输技术。

➤ **应用对象：**

追求**高可靠性**时，将相同帧交由多条不同的单链路同时传输；

追求**高速率**时，将不同帧交由不同单链路传输，MLP的传输速率是各SLP的传输速率之和；



发送方

接收方

➤ 建立MLP链路:

启动建立SLP链路

建立所有单链路
MLP链路建立

➤ 数据传输

MLP帧统一编号,
暂存并交单链路传输;

SLP传输该帧;

SLP收取一帧;
递交MLP实体排序;
返回传输结果;

单链路报告传输结果;

• 传输正确

有数据帧待传?

• 如果某条单链路故障
(超时或者否定确认)

报告MLP实体

故障单链路数等于2?

No: 另选单链路;

Yes: 复位MLP

清除所有单链路 (终止过程);

➤ 数据传输完毕

清除单链路

清除单链路

无数据帧待传

(1) 基于DL层的问题

★ 数据链路层**仅提供点对点的链路**，不能直接提供用户数据的端到端（即DTE和DTE）之间的传输，（其中可能经过多个DCE的合作和转发）；

★ 当用户设备连入网络时，希望和任一其他用户通信；

多个用户可能同时希望传输信息

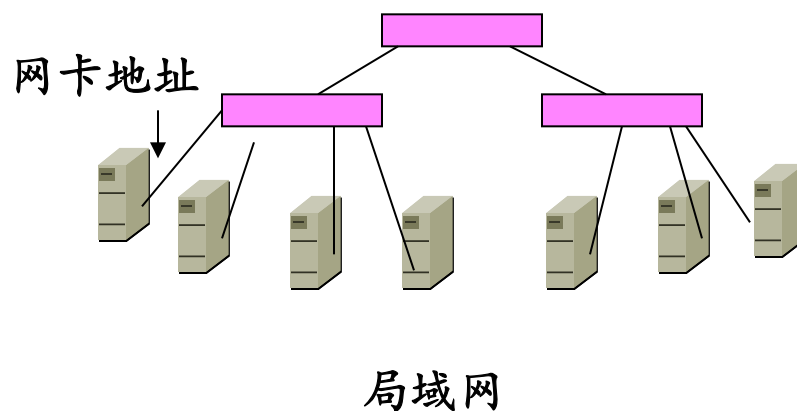
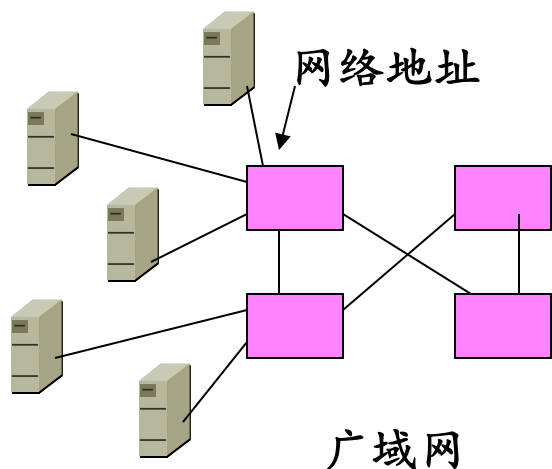
★ 数据链路的**利用率较低**：用户之间的通信往往是断断续续的。

★ 提供**编址和路由技术**，确保用户数据可以**端一端**传输。

网络地址：唯一标识网络中设备。

广域网网络地址：指向交换设备（结点机）的输出端口；

局域网网络地址：直接对应到网卡（网卡地址等）



路由选择：中间结点根据分组中的地址和依据某种策略或路由选择算法作出决策，以使分组尽快通过网络送往目的地。

（为减少分组的丢失，网络本身具有吞吐量的限制）

★ **利用复用/解复用技术**，将一条DL划分为若干条逻辑电路（称为逻辑信道LC），并且，采用LC号来区分不同用户的数据，实现多对用户的数据可以交织在同一条数据链路上传输；

多条LC的串接形成**虚电路**（VC）；

★ **提供分组/组装功能**，实现用户数据的分组和组装（分组交换），提高链路利用率。

(3) 网络层服务

确定网络地址、标识网络连接、传输数据、分组装拆、排序（按提交顺序投递给用户）、流量控制（限制用户一次性提交给网络的分组个数）等。

(4) 网络层协议

CCITT X.25建议（X.25分组交换网）

局域网：IP协议、IPX协议

Internet：IP协议

(1) 基于网络层的问题：

网络的性能不同，用户的要求不同，**网络的性能和用户的要求之间也许存在某种差异。**

★ 用户要求高速传输：网络的吞吐量、速率和传输延迟等性能能否满足；

★ 用户要求较低的传输费用，对于传输延时要求不高；但网络的吞吐量、速率和传输延迟很好，费用太高；

★ 网络的传输差错率不能满足用户的要求；

★ 网络层的分组长度和用户数据的长度不一致；

★ 网络的数据流量；

运输层**目的**：屏蔽网络性能差异，用户无需了解网络传输细节。

A型网络服务具有小的残留差错率和小的可通告差错率；
B型网络服务具有小的残留差错率和大可通告差错率；
C型网络服务具有大的残留差错率。

网络的残留差错率：

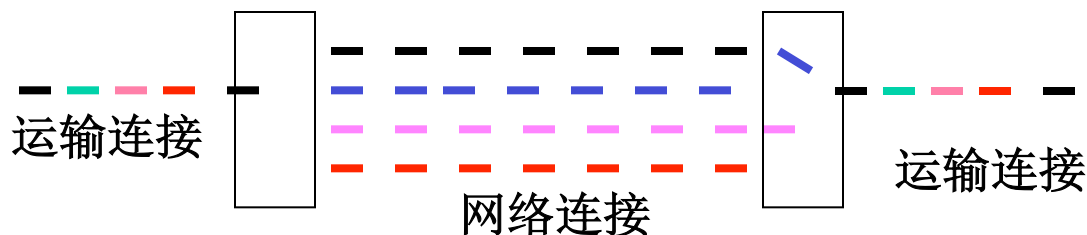
在网络连接上傳輸出錯的網絡服務數據單元（NSDU）在所有傳輸的NSDU中所占的比例；

網絡的可通告的出錯率：

網絡中存在的不可恢復的差錯與所有可檢測的差錯中所占的比例。

★ 利用低吞吐量、低速率和高传输延迟的网络支持用户**高速**传输数据的要求；

分流/合流技术：多条网络连接支持一条运输连接（类MLP）。



(3) 运输层功能（续）

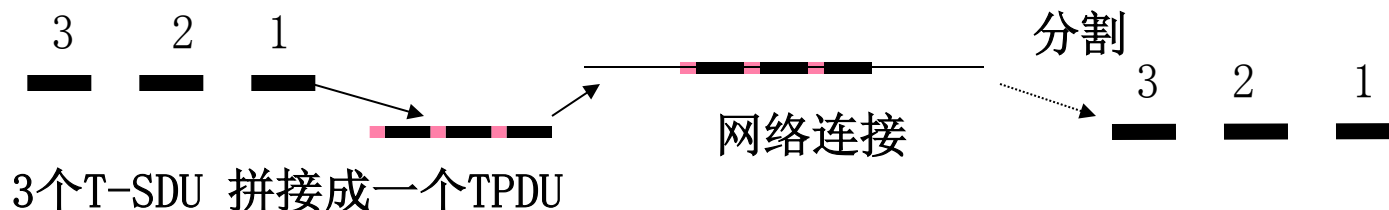
37

★ 利用高吞吐量、高速率和低传输延迟、且高费用的网络支持用户**低传输成本**的要求；

复用/解复用技术：将多条运输连接上的数据汇集到一条网络连接上传输（复用网络连接）；



拼接/分割技术：将一条运输连接上的多个TSDU拼接成一个TPDU，并在一条网络连接上传输（借鉴窗口技术）；

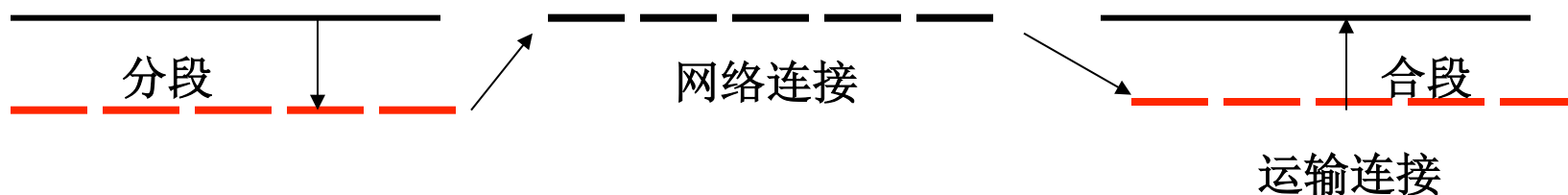


(3) 运输层功能（续）

38

- ★ 利用有限分组长度的网络支持用户的大数据块传输；

分段/合段技术，使得传输有限长度用户数据（分组）的网络可以支持用户的无限长数据的传输



- ★ 利用差错率较高的网络支持用户高可靠数据传输的要求；

差错检测和恢复技术；

- ★ 避免网络拥塞；

流量控制技术，限制可连续传输的TPDU个数（窗口技术）。

标识和维护运输连接（建立和释放连接，以及选择服务质量），提供流量控制和常规数据/加速数据的传输，屏蔽用户要求和网络能力之间的差异。

服务质量：用户对传输延迟、吞吐量等方面的要求，运输层实体可以根据用户对服务质量的要求决定是否采用分流、复用等技术。

运输层协议：定义运输层的PDU格式、交换时序，以及其它实施差错校验、分段/合段、分流/合流、复用/解复用、窗口和流量控制等方法。

相关标准定义了五类运输层协议，不同的运输协议用于不同的环境，网络服务越差，要求的运输协议越复杂。

TP0（简单类）：提供最简单的数据传输能力，**仅支持分段/合段**功能，它要求网络本身可提供较高质量的数据传输服务，适用于A型网络。

TP1（基本差错恢复类）：在TP0的基础上，增加**拼接/分割、差错恢复**的能力，可对网络检测出来的差错进行恢复，满足用户可靠传输的要求；适用于B型网络。

TP2（复用类）：在TP0的基础上，增加复用/解复用、拼接/分割的能力，通常在用户使用高质量的网络，并要求低通信费用时选用，适用于A型网络；

TP3（差错恢复和复用类）：结合TP1和TP2的能力，满足用户低成本、高可靠性的要求，适用于B型网络；

TP4（差错检测和恢复类）：在TP3的基础上，增加差错检测和分流/合流能力，通常在服务质量较差的网络上选用，保证数据传输的可靠性；适用于C型网络。

运输连接建立时，双方协商使用的运输协议类别；

选用不同类别的运输实体之间不能进行通信；

实际实现时，往往都以TP4为准（如TCP）。

(1) 基于运输层的问题

运输层保证用户数据按照要求从网络的一端传输到另一端，用户仍然缺乏**管理和控制**用户之间的信息交换的手段，尤其是差错恢复的手段。

(2) 部分术语：

会话：用户（表示层实体）之间的信息交换过程；

会话连接：用户之间为完成信息交换而按一定规则而在会话层实体之间建立起来的一种暂时的联系；

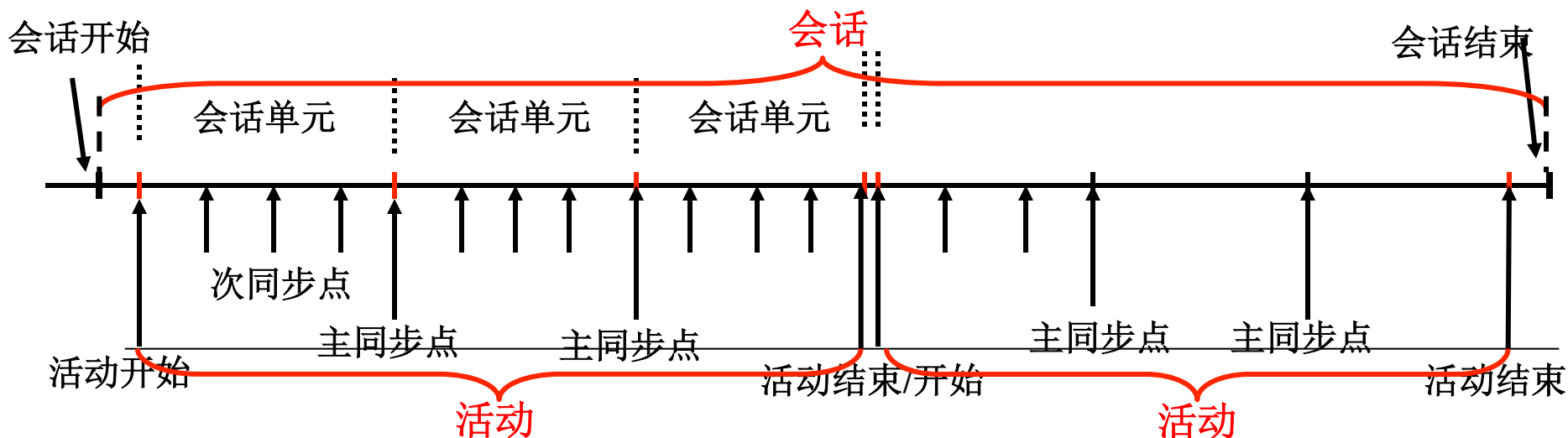
会话单元：逻辑概念，一组意义上相对完整的数据块传输；

活动：会话用户之间合作的逻辑工作段；可以含有一个或多个会话单元，活动的内容具有相对的独立性和完整性；

同步：对用户数据进行语义上的分段，保证会话层实体之间信息交互（会话）的时序性。

活动和同步的目的

使用户可以了解会话的进程，便于控制和管理；如果出现传输故障，可以从指定的同步点处进行恢复，减少差错重传的数据量。



数据令牌标识用户发送数据的权利；通过数据令牌的申请和分配，保证用户信息交换的顺序性；

重新同步：是有序地重建用户之间的通信的一种手段；例如：
将会话连接置为**指定的状态**，**从指定的同步点处开始新通信**。

(3) 会话层功能

会话层的**目的**：向用户提供组织和控制信息交换的手段。

相关**功能**包括：

★ 利用**令牌技术**来保证数据交换、会话同步的有序性；拥有令牌的一方可以发送数据，或者执行其它动作；令牌可以被申请和转让；

★ 利用**活动和同步技术**来保证用户数据的完整性；并让用户知道整个交换的过程；

★ 利用**分段和拼接技术**来提高数据交换的效率；多块用户数据可以合并在一起进行传输；

★ 利用**重新同步技术**来实现用户会话的延续性；支持传输过程中的故障恢复。

用户端1	方向	用户端2	说 明
S-CON. req	—→	S-CON. ind	； 会话连接（包括选择
S-CON. cnf	←—	S-CON. rsp	； 功能单元和分配令牌）
S-ACT_START. req	—→	S-ACT_START. ind	； 活动开始
S-DATA. req	—→	S-DATA. ind	； 传输一块数据
S-SYNC-MINOR. req	—→	S-SYNC-MINOR. ind	； 检验数据完整性
S-SYNC-MINOR. cnf	←—	S-SYNC-MINOR. rsp	
S-DATA. req	—→	S-DATA. ind	； 传输一块数据
S-SYNC-MINOR. req	—→	S-SYNC-MINOR. ind	； 检验数据完整性
S-SYNC-MINOR. cnf	←—	S-SYNC-MINOR. rsp	
S-DATA. req	—→	S-DATA. ind	； 传输一块数据
.....		， 继续传输动作等
S-DATA. req	—→	S-DATA. ind	； 传输一块数据
S-TOKEN-PLEASE. ind	←—	S-TOKEN-PLEASE. req	； 用户2请求数据令牌
.....		； 用户1继续保留令牌

用户端1	方向	用户端2	说 明
S-ACT-END. req	—→	S-ACT-END. ind	； 用户1数据传输完毕，
S-ACT-END. cnf	←—	S-ACT-END. rsp	活动结束
S-TOKEN-GIVE. req	—→	S-TOKEN-GIVE. ind	； 用户1 释放数据令牌；
S-ACT_START. ind	←—	S-ACT_START. req	； 用户2开始传输
S-DATA. ind	←—	S-DATA. req	
S-SYNC-MINOR. ind	←—	S-SYNC-MINOR. req	
S-SYNC-MINOR. rsp	—→	S-SYNC-MINOR. cnf	
	←—	S-DATA. req	； 低层故障， 用户1未收到数据
S-P-EXECP. ind	←→	S-P-EXECP. ind	； 低层故障报告
S-CON. ind	←—	S-CON. req	； 重新连接
S-CON. rsp	—→	S-CON. cnf	
S-ACT-RESUME. ind	←—	S-ACT-RESUME. req	； 恢复活动和同步点
S-DATA. ind	←—	S-DATA. req	； 用户2继续数据传输

(1) 基于会话层的问题

不同的计算机系统具有**不同的信息描述和表示方法**，而不同的信息描述（表示）将导致不同系统之间无法识别所交换的信息的含义（如不同的码字，对数据的不同表示）。

(2) 表示层功能

语法：数据的描述和表示方法；

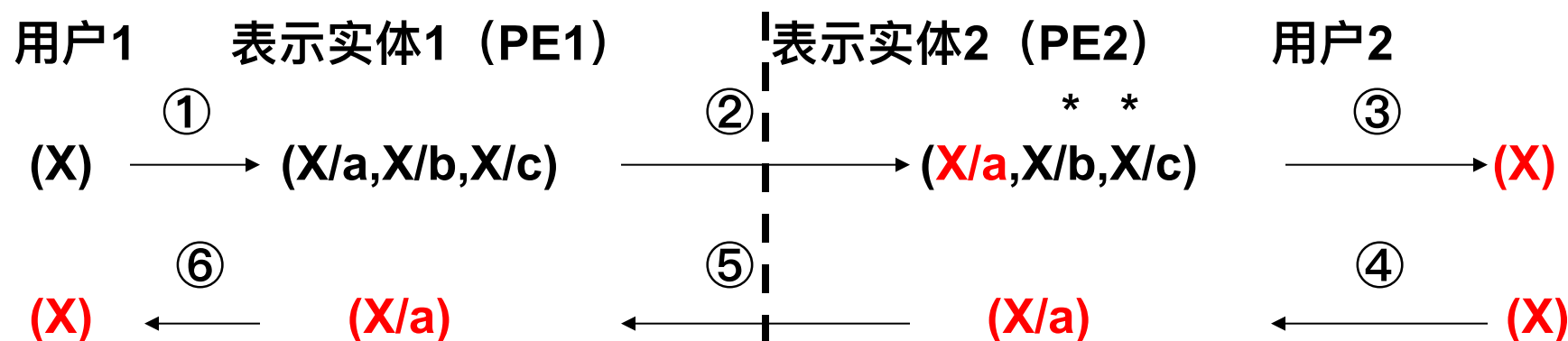
抽象语法：数据通用格式的描述方法，可定义类型和值，独立于具体应用；

传送语法：开放系统之间传送数据的特定表示方法；

表示层功能：协商**传送语法**，并执行抽象语法和传送语法之间的**转换**，通过这种转换来统一表示被传送的用户数据，使得通信双方都可以互相识别。

定义对等表示层实体之间交换的PPDU的内容、格式和交换的时序，以保证表示层服务的提供。

传送语法的协商过程示意



- 说明：**
- ① 用户1（应用实体）希望将抽象语法X描述的数据传送给用户2；
 - ② PE1有能力用三种传送语法（a、b和c）进行描述；
 - ③ PE2可以处理用a描述的数据；
 - ④ 用户2可以处理用X描述的应用数据；
 - ⑤ PE2通知PE1可以用a作为本次传输的传送语法；
 - ⑥ PE1通知用户1可以传送X描述的应用数据，PE1将用a表示X。

CCITT X. 409和ISO 8824定义的抽象语法1（ASN. 1）。

一般结构：标记 长度 内容；

举例：

```
职工信息 ::= sequence [30] {  
    姓名;  
    性别;  
    出生年月}  
姓名 ::= PrintableString [50];  
性别 ::= Boolean [51];  
出生年月 ::= DigitalString [52];
```

则职工张三的信息表示：

30 20 50 09 Z h a n g s h a n 51 01 01 52 04 19 66 06 30

编程实现时的关键：长度值的回填（递归算法）。

3.10 应用层

(1) 应用层的目的

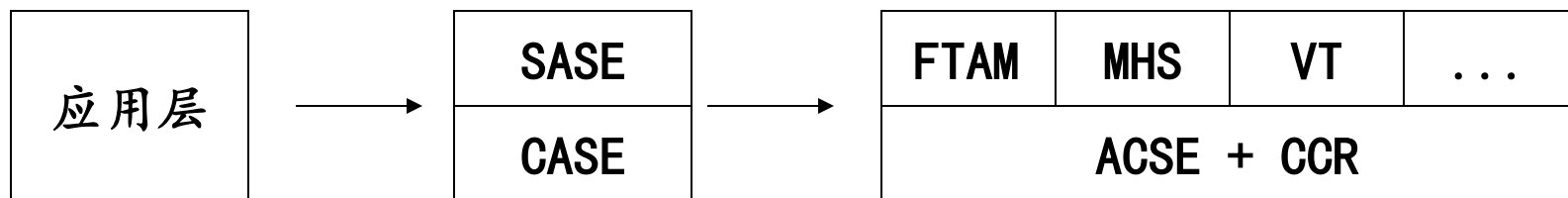
应用层是网络可向最终用户提供应用服务的唯一窗口，其目的是**支持用户联网的应用要求**。在OSI/RM中，这些应用服务被称为应用服务元素（包括电子邮件、文件传输、虚拟终端、电子数据交换等）。

(2) 应用服务分类

不同的应用服务元素具有**共性和特性**，可分为两类：

★ 公共应用服务元素（CASE）：提供与特定应用服务无关的公共服务，如应用联系服务、托付/并发和恢复服务；

★ 特定应用服务元素（SASE）：提供面向特定应用的服务，如FTAM, MHS, EDI等。



OSI/RM—计算机网络标准，**极为完整的解决方案**，
明确了计算机通信需要解决的问题和解决问题的方法；

70年代提出参考模型（ISO7498），
80—90年代，相关各层的服务/协议陆续提出；
OSI产品多出自于欧洲，我国80年代末也曾设想通过研发OSI产品来缩短和发达国家的差距。

OSI标准未能得到推广的原因 – 市场化的失败者：

- 1、生不逢时（TCP/IP竞争）？新技术推出的一般历程：
新生事物（众多研究）—走向市场（**巨资**投入）
- 2、强调全面，技术复杂，部分功能（如差错等）重复？
层次较多，直接影响工作效率？
标准制定周期太长，失去抢占市场的先机；
- 3、缺乏强有力的推动者（TCP/IP集成进UNIX）。

OSI—网络技术学习者的灯塔。

3.11 TCP/IP参考模型

- 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。
- 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 。

网络接口层

- TCP/IP标准并没有定义具体的网络接口协议
- 一般各物理网络可以使用自己的数据链路层协议和物理层协议
- 使用串行线路连接主机与网络，或连接网络与网络时，需运行专门的串行线路网际协议（SLIP）或点到点（PPP）协议

网际层

- 主要功能

- 消息寻址
- 把逻辑地址和名称转换成物理地址

- 主要协议

- 互联网协议IP—寻址
- 互联网控制报文协议ICMP—传送信息、错误报告
- Internet组管理协议IGMP —多播传输
- 地址转换协议ARP—把逻辑地址和名称转换成物理地址
- 反向地址转换协议RARP—把物理地址转换成逻辑地址

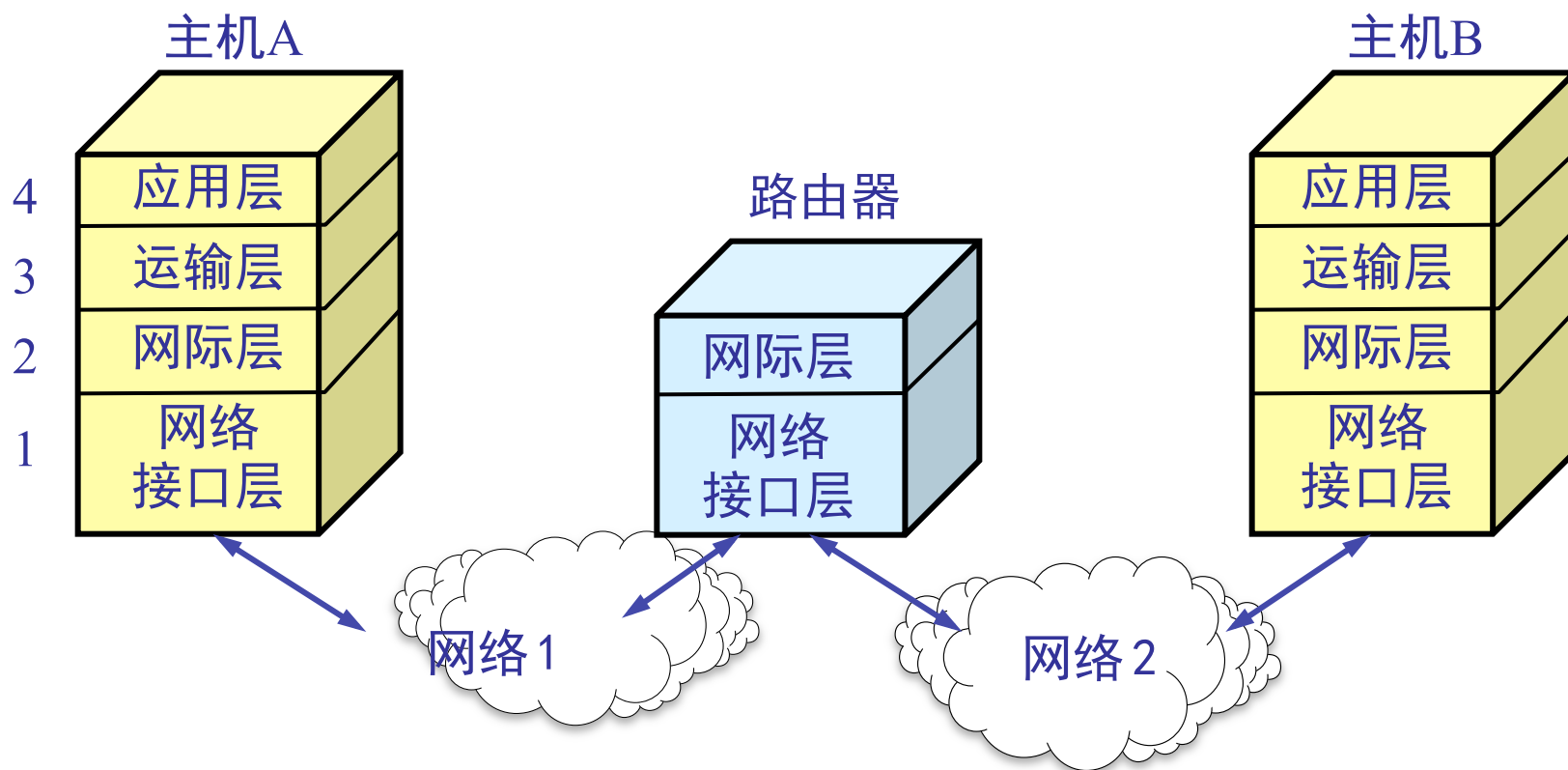
传输层

- 提供从一个应用程序到另一个应用程序的通信，常称为**端对端**的通信
- 主要协议
 - 传输控制协议（TCP）——面向连接的通信
 - 用户数据报协议（UDP）——无连接的通信

应用层

- 集合了OSI参考模型的会话层、表示层和应用层3层的功能
- 常用协议
 - 文件传输协议（FTP）
 - 远程登录协议（Telnet）
 - 域名服务（DNS）
 - 简单邮件传输协议（SMTP）
 - 超文本传输协议（HTTP）

TCP/IP 四层协议的表示方法举例

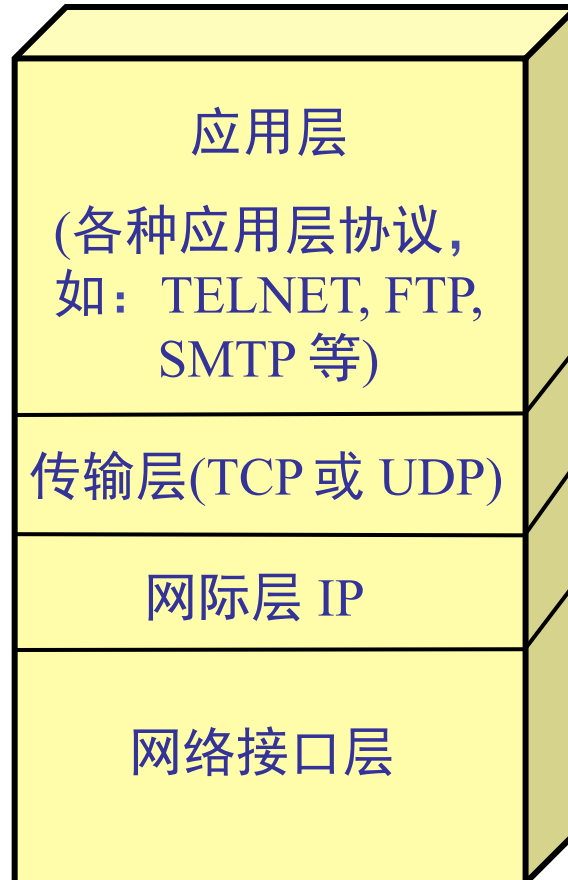


TCP/IP与OSI的比较

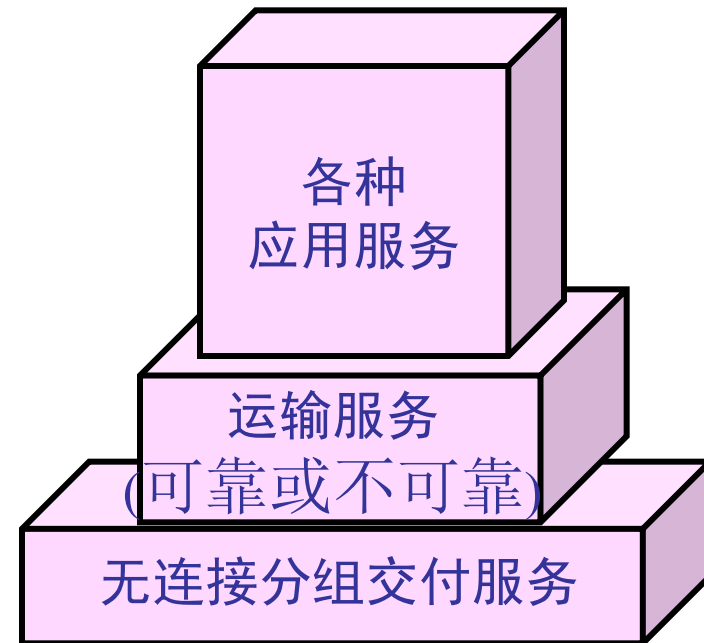
OSI 的体系结构



TCP/IP 的体系结构



TCP/IP 的三个服务层次



oSI		TCP/IP		
7	应用层	4	应用层	报文流
6	表示层			
5	会话层			
4	运输层	3	运输层	报文段
3	网络层	2	网络层(IP层)	IP数据报
2	数据链路层	1	通信子网层 (网络接口层)	
1	物理层			

TCP/IP参考模型与OSI对照

OSI参考模型与TCP/IP参考模型的比较

- 相同点
 - 均以协议栈的概念为基础，协议之间彼此独立
 - 模型中各个层的功能基本相似
- 不同点
 - OSI模型有7层； TCP/IP模型则仅有4层
 - OSI模型区分了服务，接口和协议的概念； TCP/IP模型没有明确的区分
 - OSI区分了物理层与数据链路层； TCP/IP甚至没有分别提及这两层
 - TCP/IP模型中网际层是一个接口，处在网络层和数据链路层之间

- OSI模型出现在协议发明之前，因此模型与协议间存在不符合要求的服务规范。但是由于它不偏向任何一种协议，通用性更好；TCP/IP模型则相反，先出现协议，模型与协议匹配良好但不适用于其他协议栈
- OSI模型在网络层支持无连接和面向连接的通信，传输层仅支持面向连接的通信；TCP/IP模型在网络层仅支持无连接的服务，在传输层支持两种类型的服务

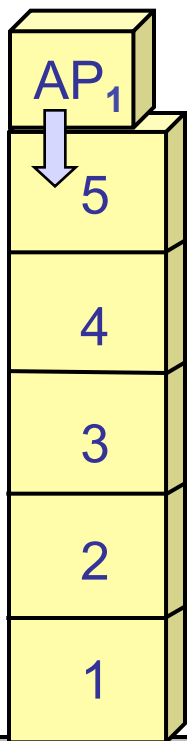
五层协议的体系结构



- 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)

计算机 1 向计算机 2 发送数据

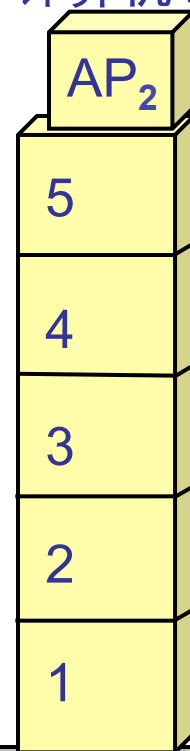
计算机 1



应用进程数据先传送到应用层

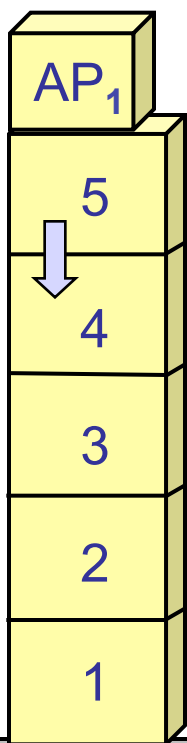
加上应用层首部，成为应用层 PDU

计算机 2



计算机 1 向计算机 2 发送数据

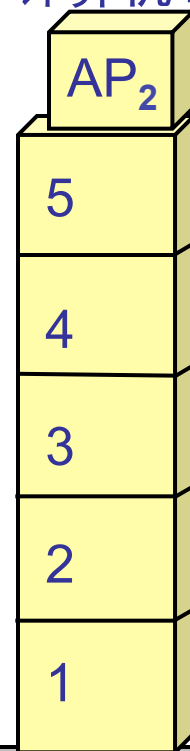
计算机 1



应用层 PDU 再传送到运输层

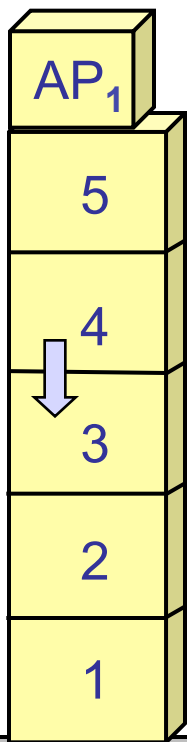
加上运输层首部，成为运输层报文

计算机 2



计算机 1 向计算机 2 发送数据

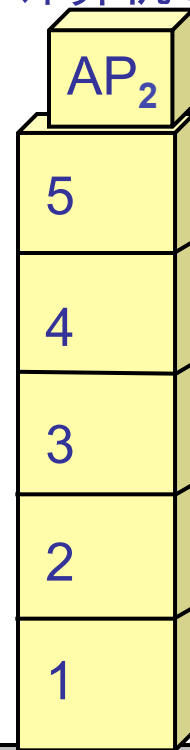
计算机 1



运输层报文再传送到网络层

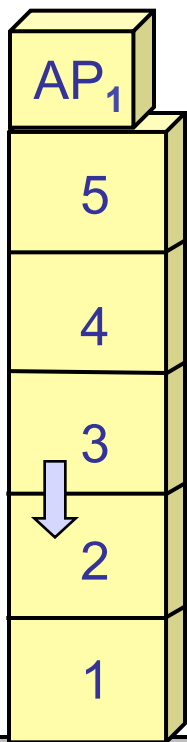
加上网络层首部，成为 IP 数据报（或分组）

计算机 2



计算机 1 向计算机 2 发送数据

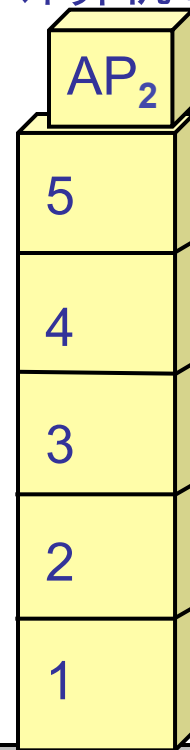
计算机 1



IP 数据报再传送到数据链路层

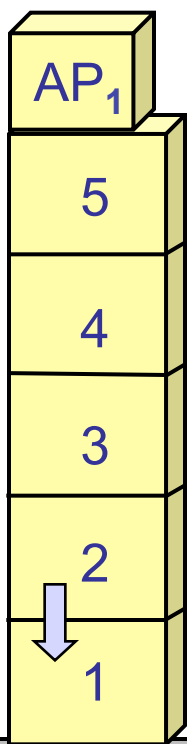
加上链路层首部和尾部，成为数据链路层帧

计算机 2



计算机 1 向计算机 2 发送数据

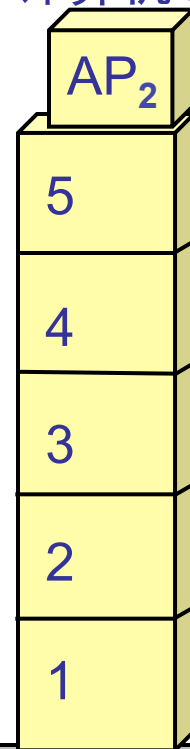
计算机 1



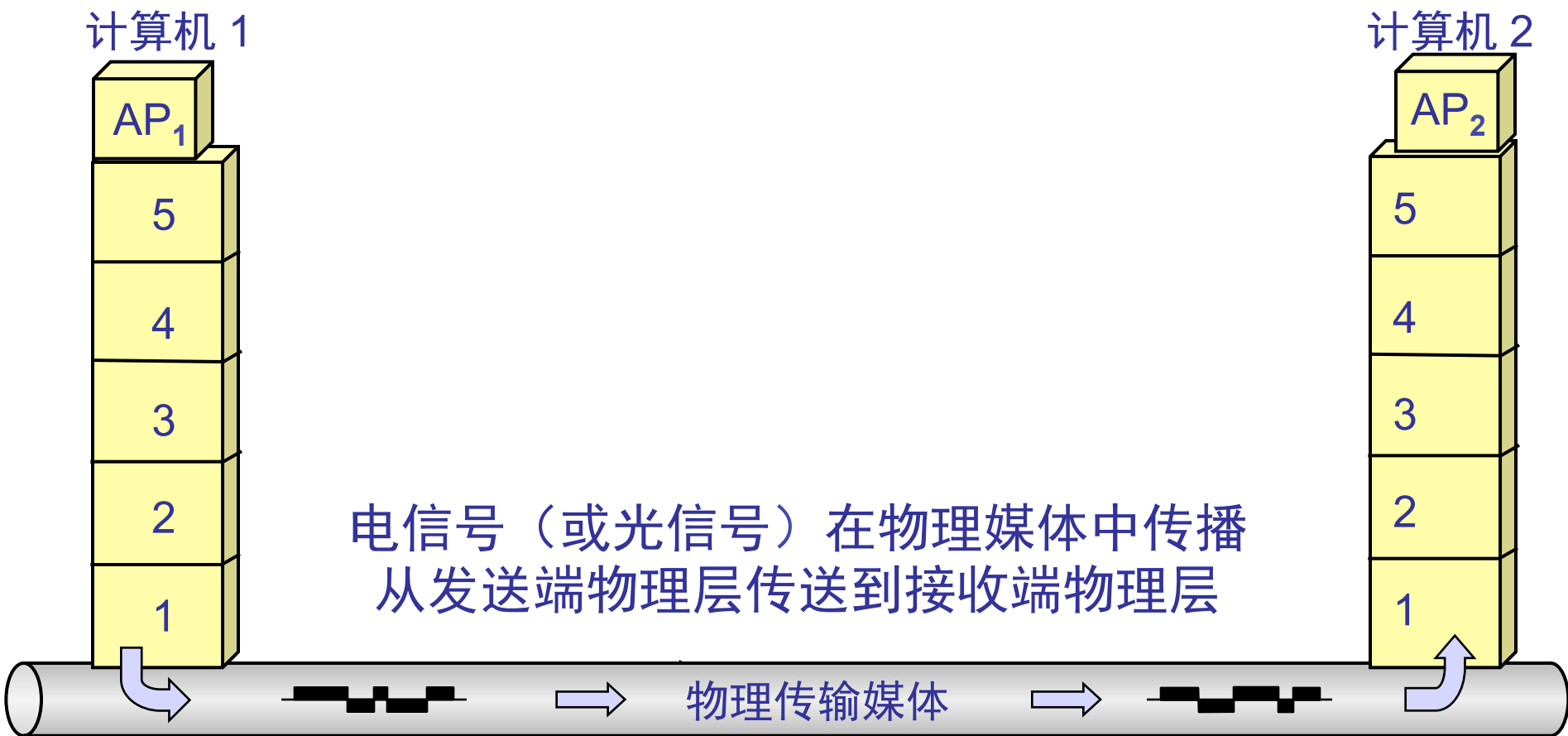
数据链路层帧再传送到物理层

最下面的物理层把比特流传送到物理媒体

计算机 2

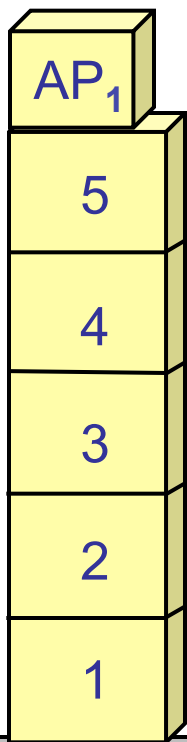


计算机 1 向计算机 2 发送数据

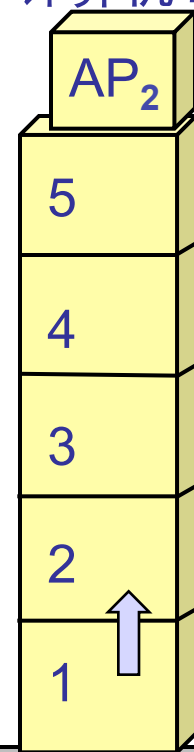


计算机 1 向计算机 2 发送数据

计算机 1



计算机 2

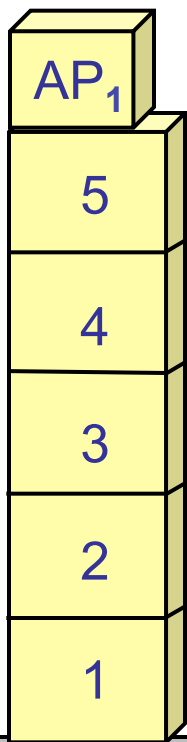


物理层接收到比特流，上交给数据链路层

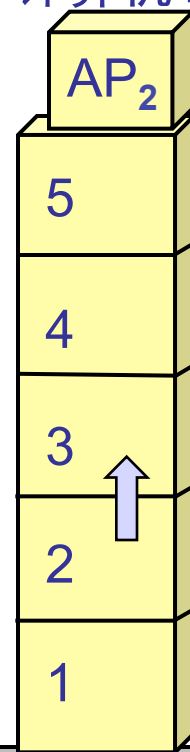


计算机 1 向计算机 2 发送数据

计算机 1



计算机 2

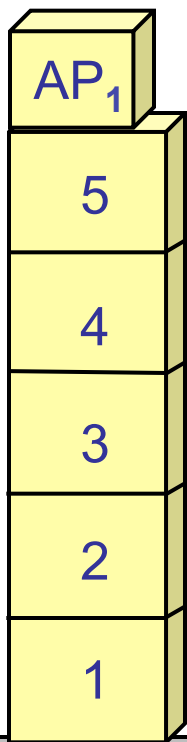


数据链路层剥去帧首部和帧尾部
取出数据部分，上交给网络层

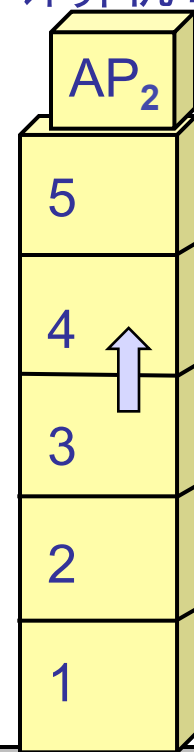


计算机 1 向计算机 2 发送数据

计算机 1



计算机 2

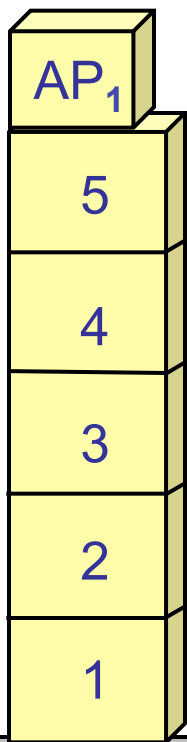


网络层剥去首部，取出数据部分
上交给运输层

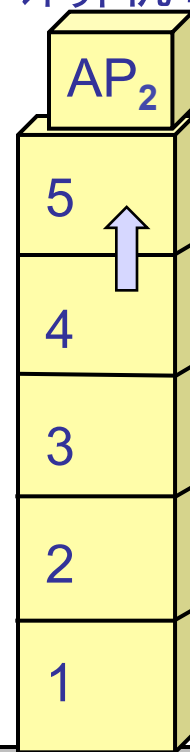


计算机 1 向计算机 2 发送数据

计算机 1



计算机 2

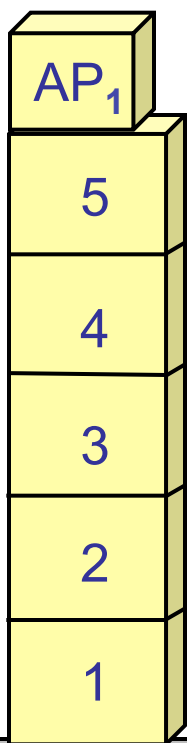


运输层剥去首部，取出数据部分
上交给应用层



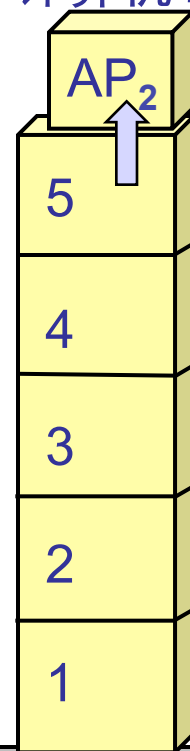
计算机 1 向计算机 2 发送数据

计算机 1



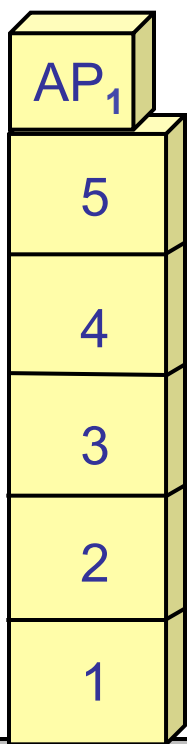
应用层剥去首部，取出应用程序数据
上交给应用进程

计算机 2



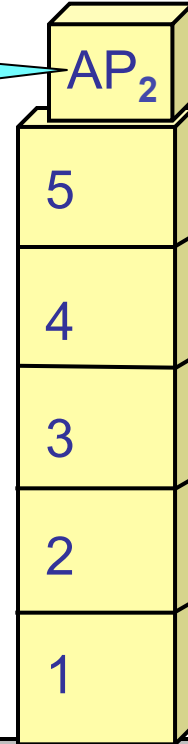
计算机 1 向计算机 2 发送数据

计算机 1

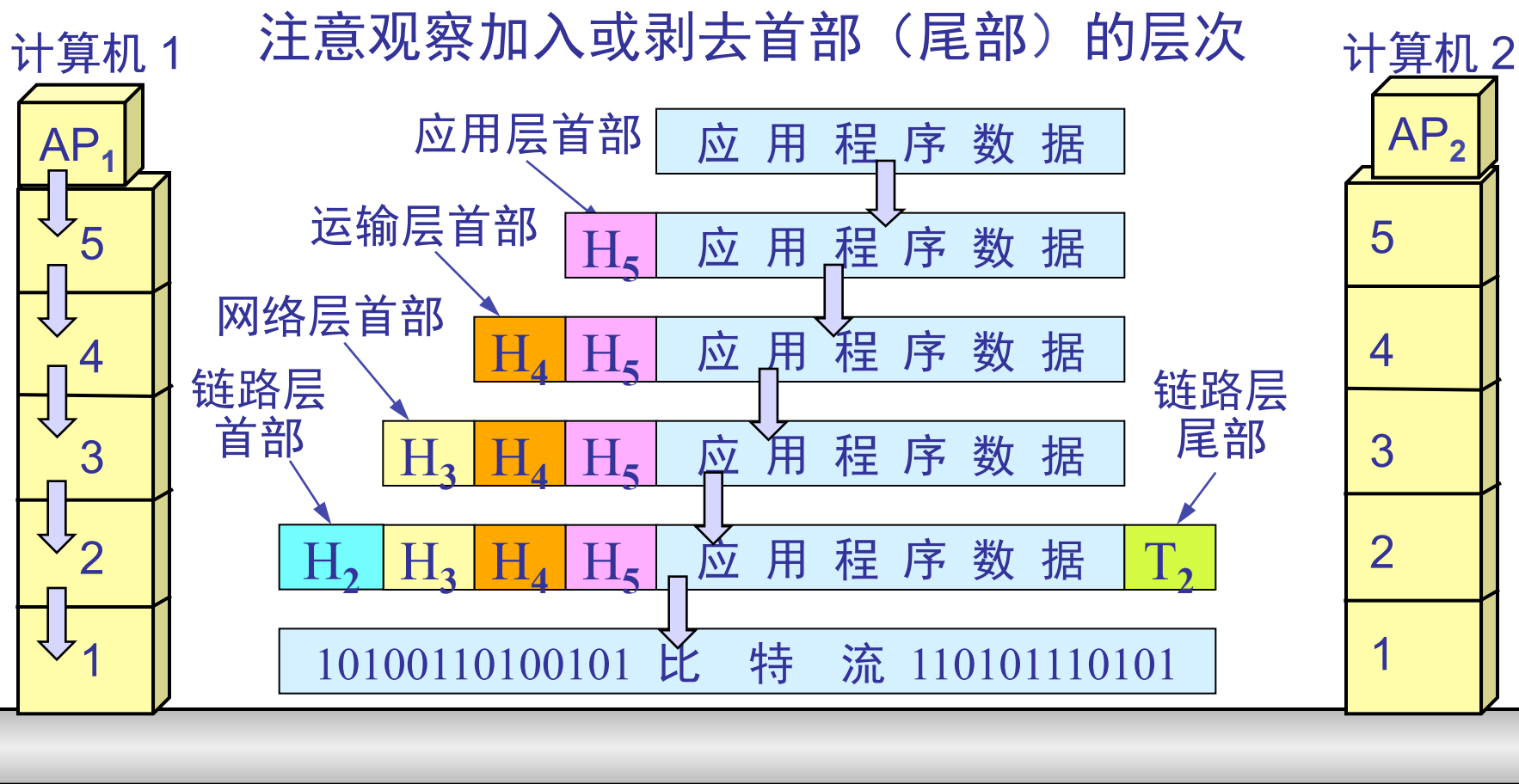


我收到了 AP_1 发来的
应用程序数据！

计算机 2

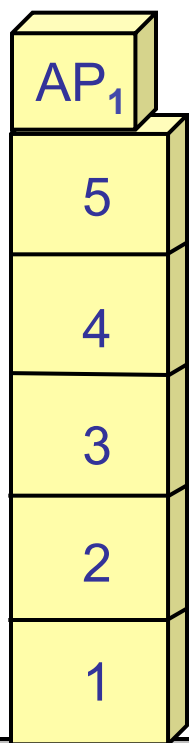


计算机 1 向计算机 2 发送数据

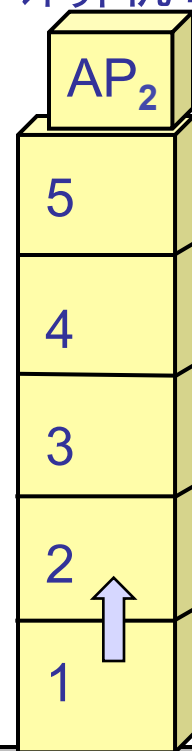


计算机 1 向计算机 2 发送数据

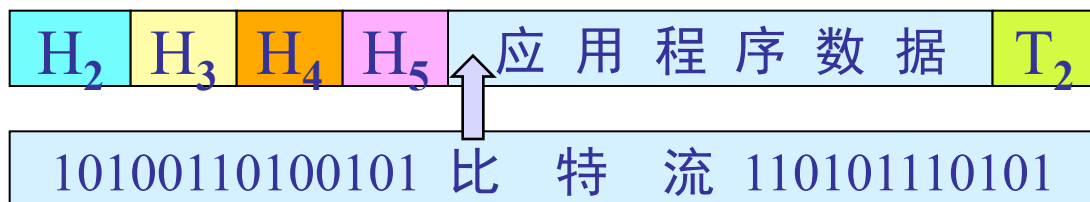
计算机 1



计算机 2

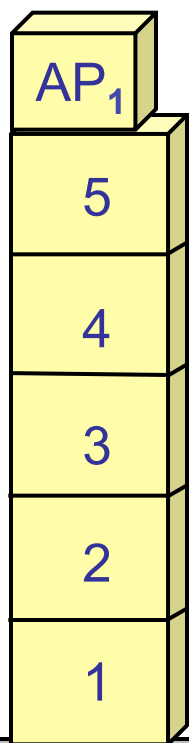


计算机 2 的物理层收到比特流后
交给数据链路层

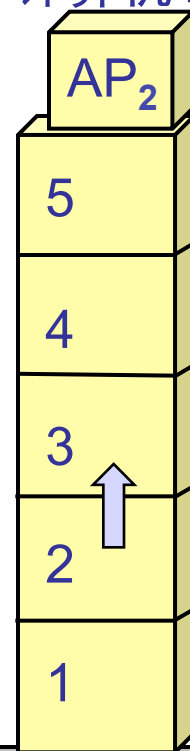


计算机 1 向计算机 2 发送数据

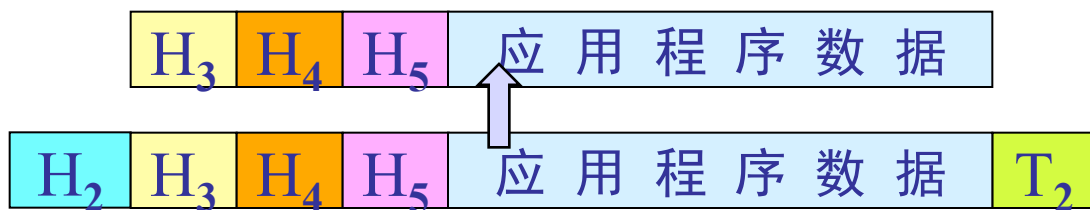
计算机 1



计算机 2

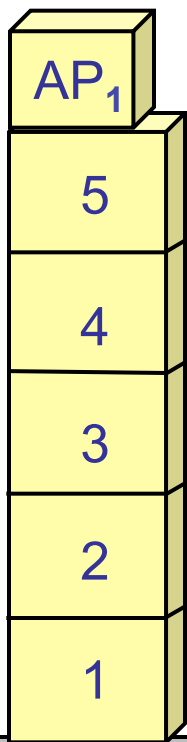


数据链路层剥去帧首部和帧尾部后
把帧的数据部分交给网络层

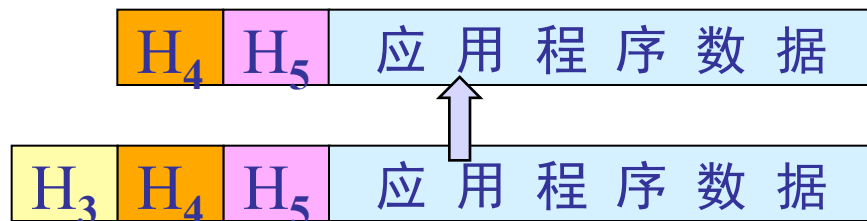


计算机 1 向计算机 2 发送数据

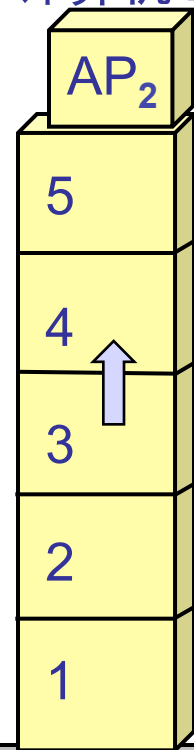
计算机 1



网络层剥去分组首部后
把分组的数据部分交给运输层

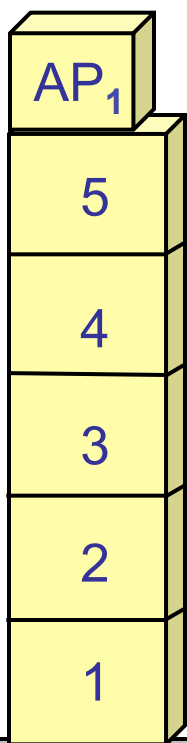


计算机 2

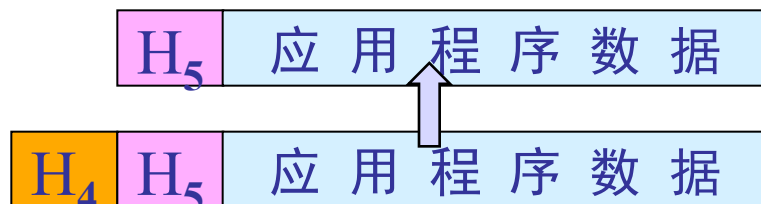


计算机 1 向计算机 2 发送数据

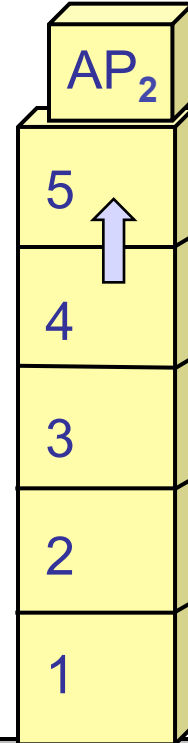
计算机 1



运输层剥去报文首部后
把报文的数据部分交给应用层

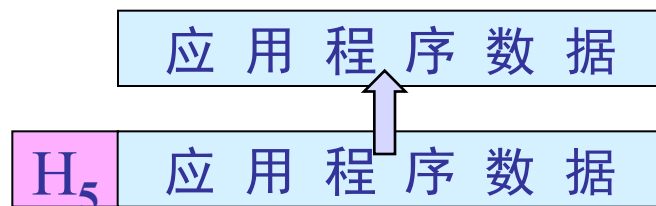
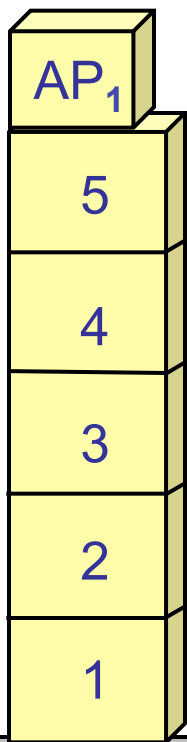


计算机 2



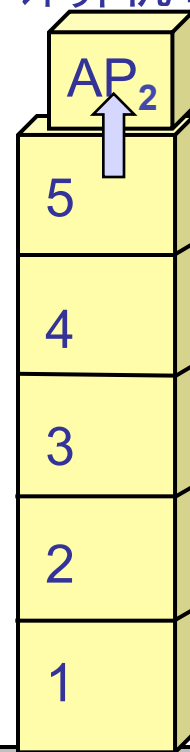
计算机 1 向计算机 2 发送数据

计算机 1



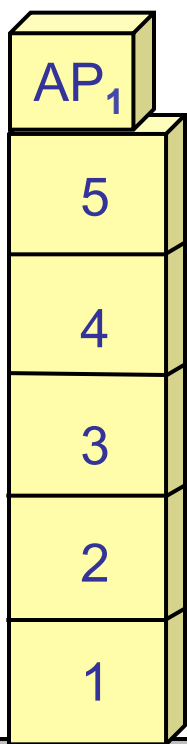
应用层剥去应用层 PDU 首部后
把应用程序数据交给应用进程

计算机 2



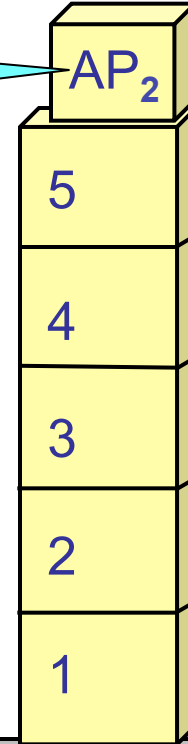
计算机 1 向计算机 2 发送数据

计算机 1

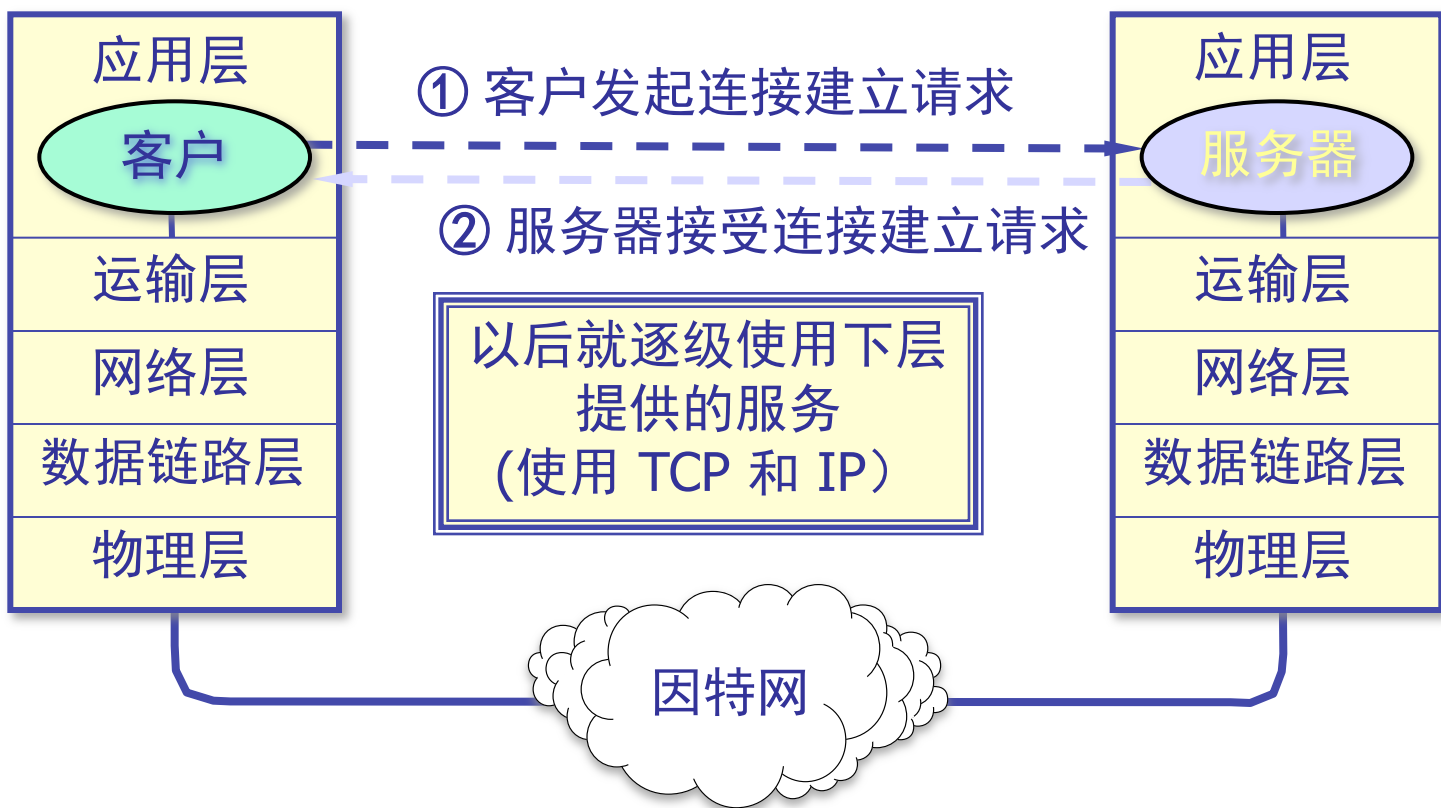


我收到了 AP_1 发来的
应用程序数据！

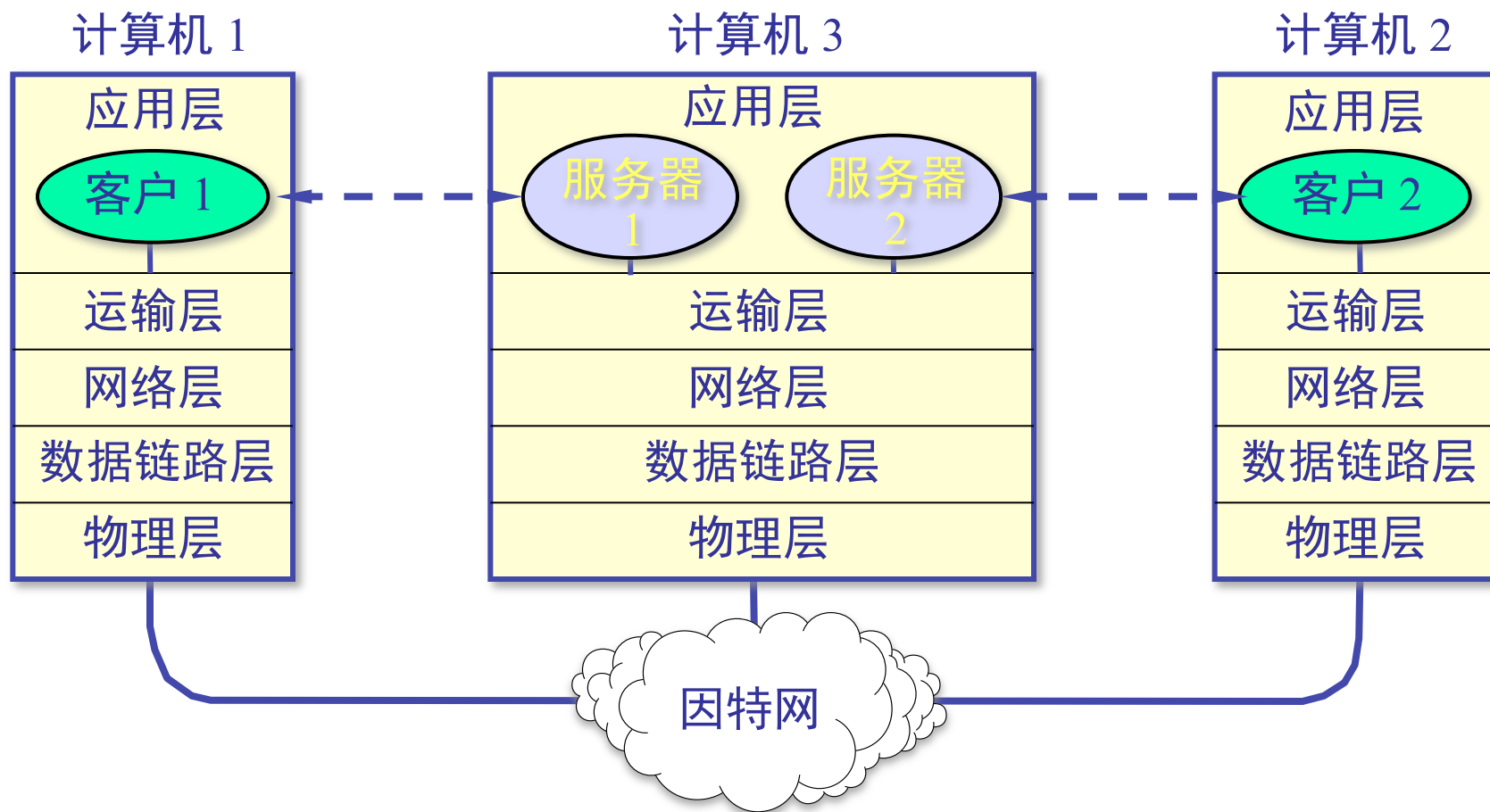
计算机 2



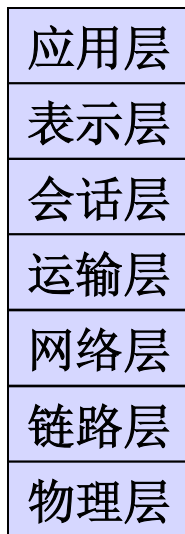
客户进程和服务进程 使用 TCP/IP 协议进行通信



功能较强的计算机 可同时运行多个服务器进程



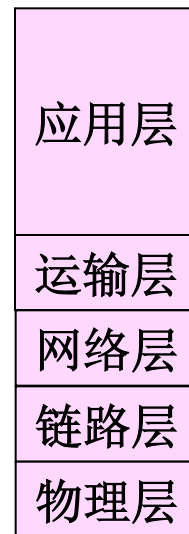
OSI/RM



因特网/RM



“理想”结构？



有待
实践
检验！

因特网的层次和功能：

应用层：提供应用服务，**Email, FTP, WWW, ...**；

含数据表示，会话控制等；

运输层：差错处理、拥塞控制-流量管理等（**TP4**）；

网际层：路由选择、端到端通信；

接口层：附接各种物理网络（物理网络不能保证正确性）；

争议点：完备性？

- 1 制定开放系统互连参考模型的目的;
- 2 开放系统互连实现的方法;
 - 系统设计方法: 分解(模块化)和抽象;
 - 系统开放方法: 定义公共模式,
实现本地模式/公共模式映射;
- 3 开放系统互连参考模型的层次及功能;
 - 拟解决的问题及解决问题的方法;
- 4 开放系统互连参考模型中层间通信的区别;
 - 相邻层间、对等层间;
- 5 协议在层间通信中的作用。

Reading

- RFC 791 INTERNET PROTOCOL (IP)