



# 计算机通信网络

## 二、协议分层原理



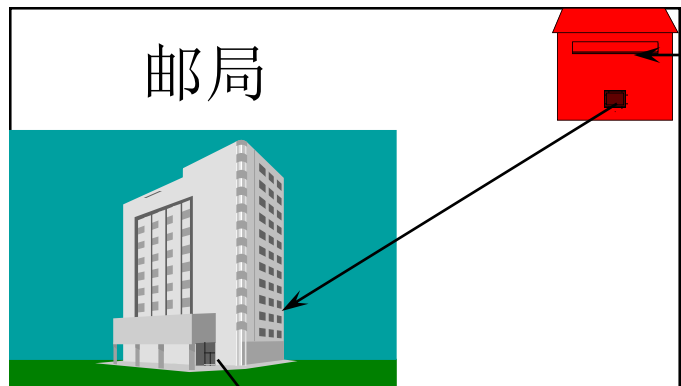


# 一个邮政通信的例子

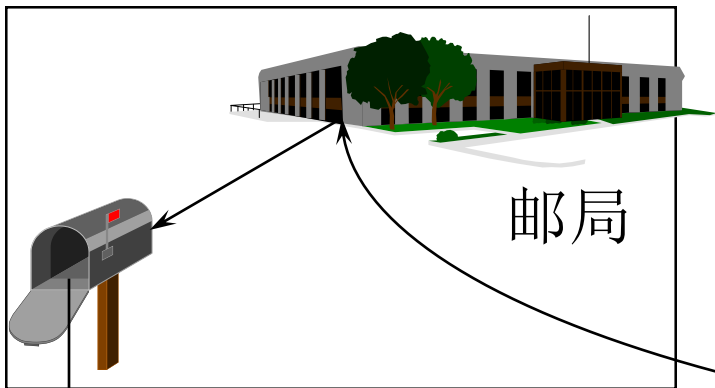
小张



清华大学



浙江大学



北京

上海

杭州

老王

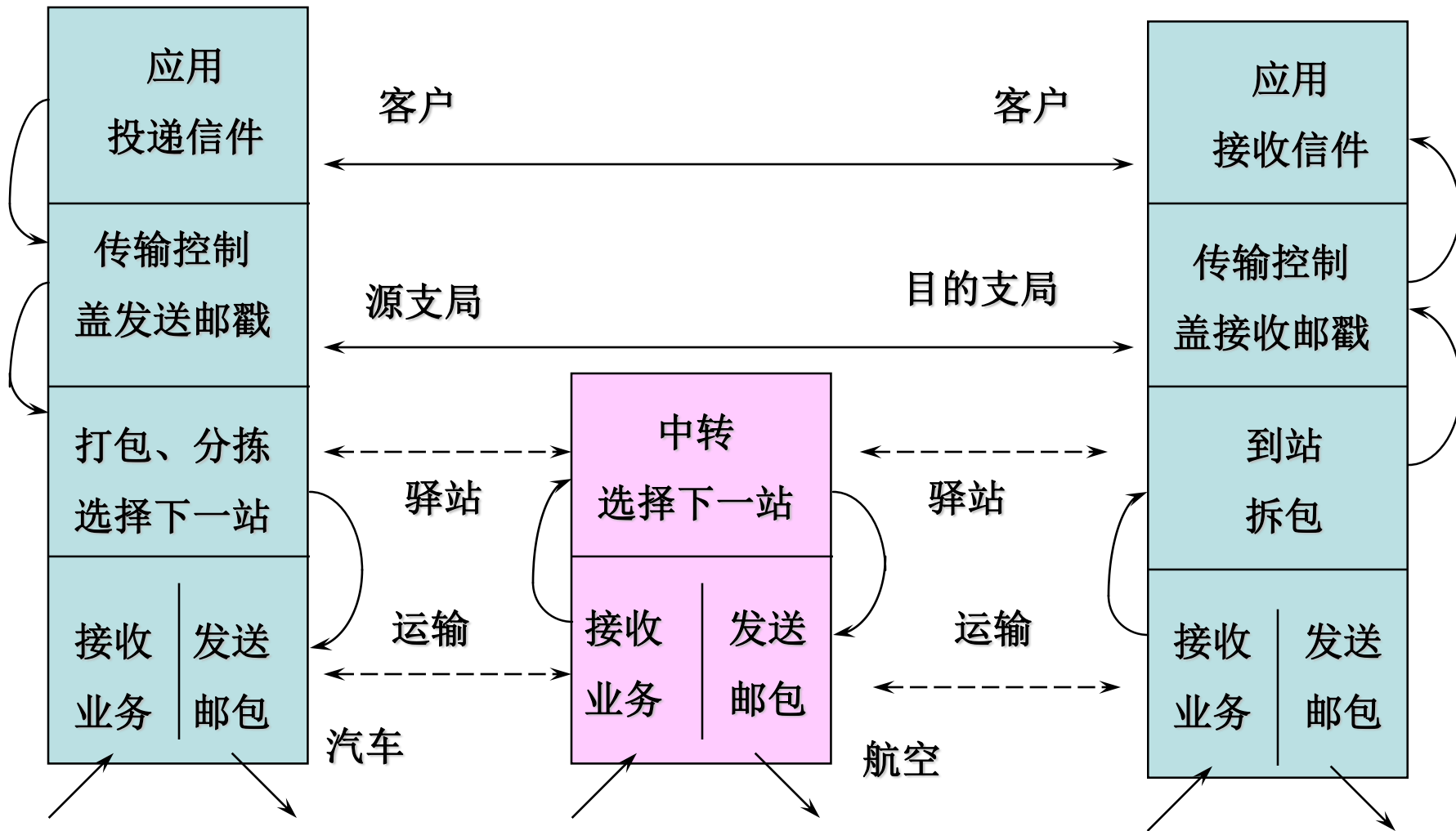




# 邮政通信功能划分

小张

老王



清华大学

北京总局

浙江大学



# 为什么分层



## 协议分层能使问题简化

- 网络问题

- 硬件故障
- 网络拥塞
- 包延迟或丢失
- 数据损坏
- 数据重复或失序

“分而治之”

每一层的目的都是向它的上一层提供一定的服务，而把如何实现这一服务的细节对上层加以屏蔽

- 将一个完整的问题分成许多较小的问题来解决

- 把网络看成是一些逻辑上相连（垂直排列）的层次组成
- 每层都在下层提供的服务上增加一定的功能，这些功能加到一起为上一层提供服务



## 保证层次之间的独立

- 只规定每一层向它的上一层提供的服务，而**与如何完成这些服务无关**，从而允许某一层的操作有所变化，只要向上一层提供的服务保持不变即可
- 类似于结构化程序设计，其中每一模块的用户只需知道它所执行的功能，而不必弄清它的内部结构细节



## 层次结构的特点：

- 具有一定的层次
  - 层次之间呈**单向依赖**关系
  - 上层起着隐藏下层细节和统一下层差异的作用
- 层次性特点**
- 结构性特点**



- 1、OSI/RM概述
- 2、层的相关概念
- 3、连接及其操作
- 4、数据传送
- 5、服务原语



# 1、OSI/RM概述

- (1) OSI/RM的目的
- (2) 开放系统的基本概念
- (3) 开放系统互连环境



## (1) OSI/RM的目的

- 提供概念和功能的**抽象模型**，作为研究制定系统互连标准的基础，便于专家在这个基础上进行创造性的独立工作。
- 为研究制定OSI**各层标准**规定了**范围**，为所有有关标准的一致性提供共同的参考。
- 为提供技术的发展和用户要求的扩展，以及现存系统能向OSI标准逐步过渡，提供充分的**灵活性**。

——OSI/RM**不规定**实现它所描述的功能和和特定层的具体规范，**不提供**互连结构设施和协议的精确定义，不能作为评价和检测具体实现的一致性根据。



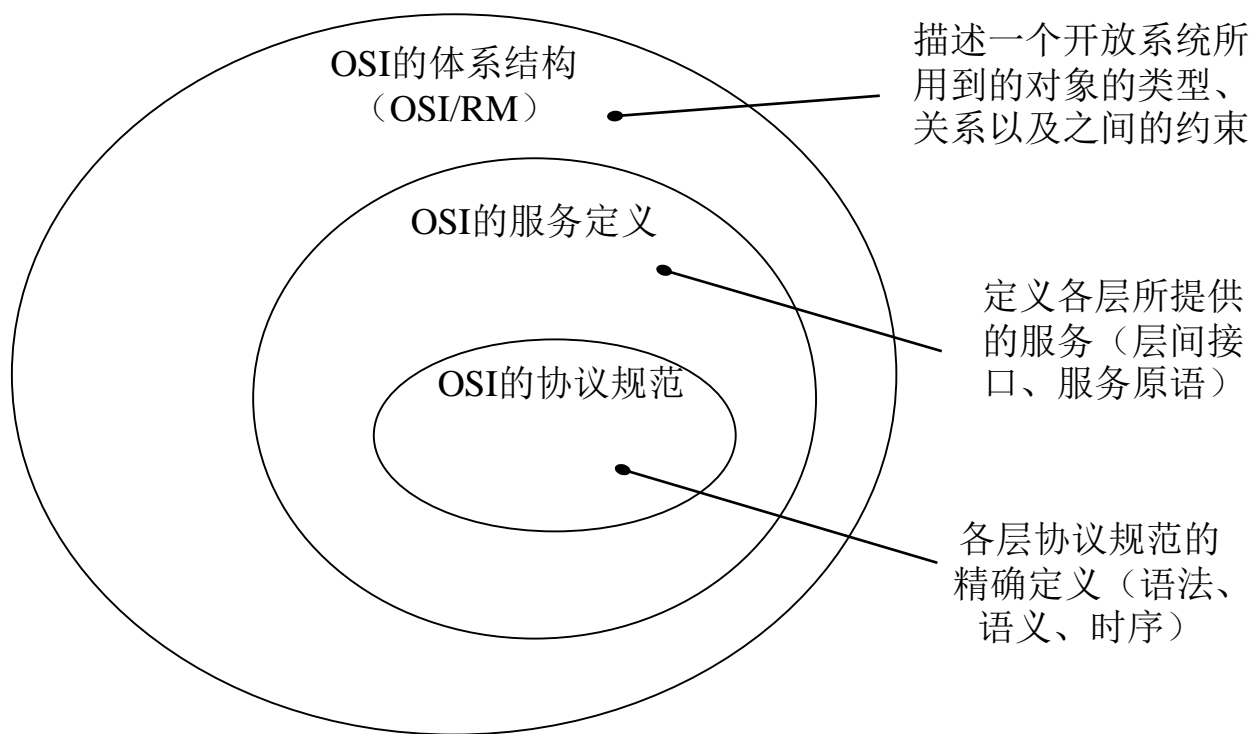


## (2) 开放系统的基本概念

- ④ **实系统**：现实世界中能够执行信息处理和/或信息传送的自治整体。
- ④ **开放的实系统**：与其它实系统通信时，**遵循OSI标准**要求的实系统。
- ④ **开放系统**：是开放实系统中**与OSI有关**的部分。



## OSI/RM的三级抽象：是一个标准体系结构的参考模型。

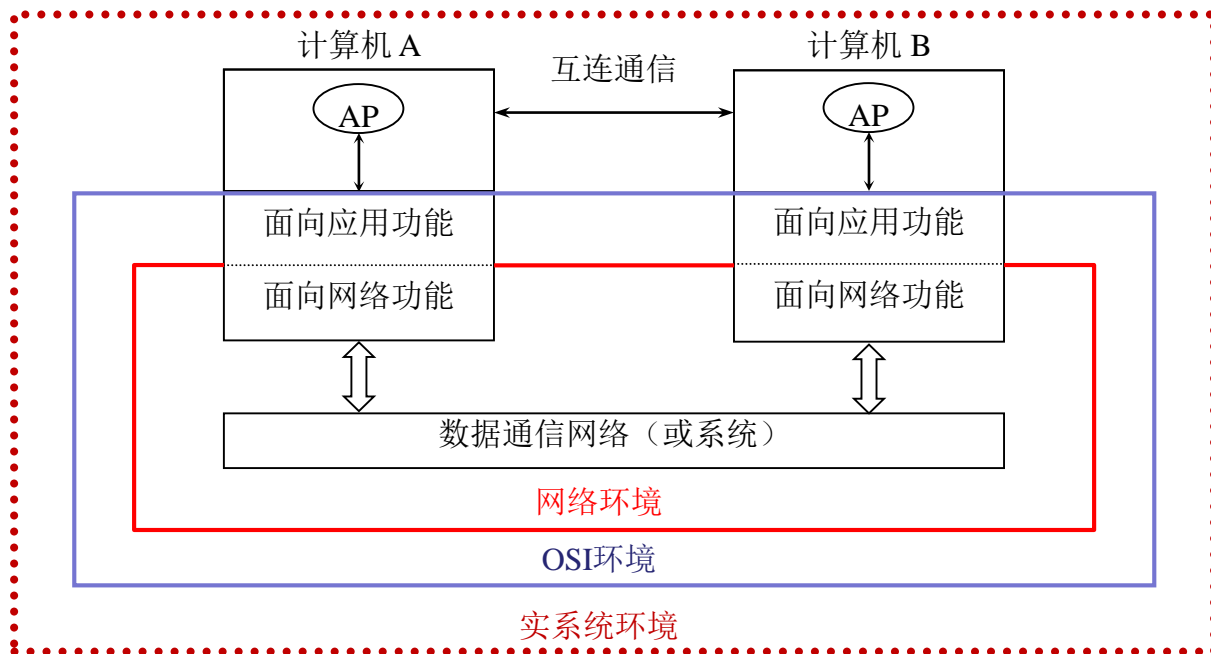


OSI/RM的三级抽象示意



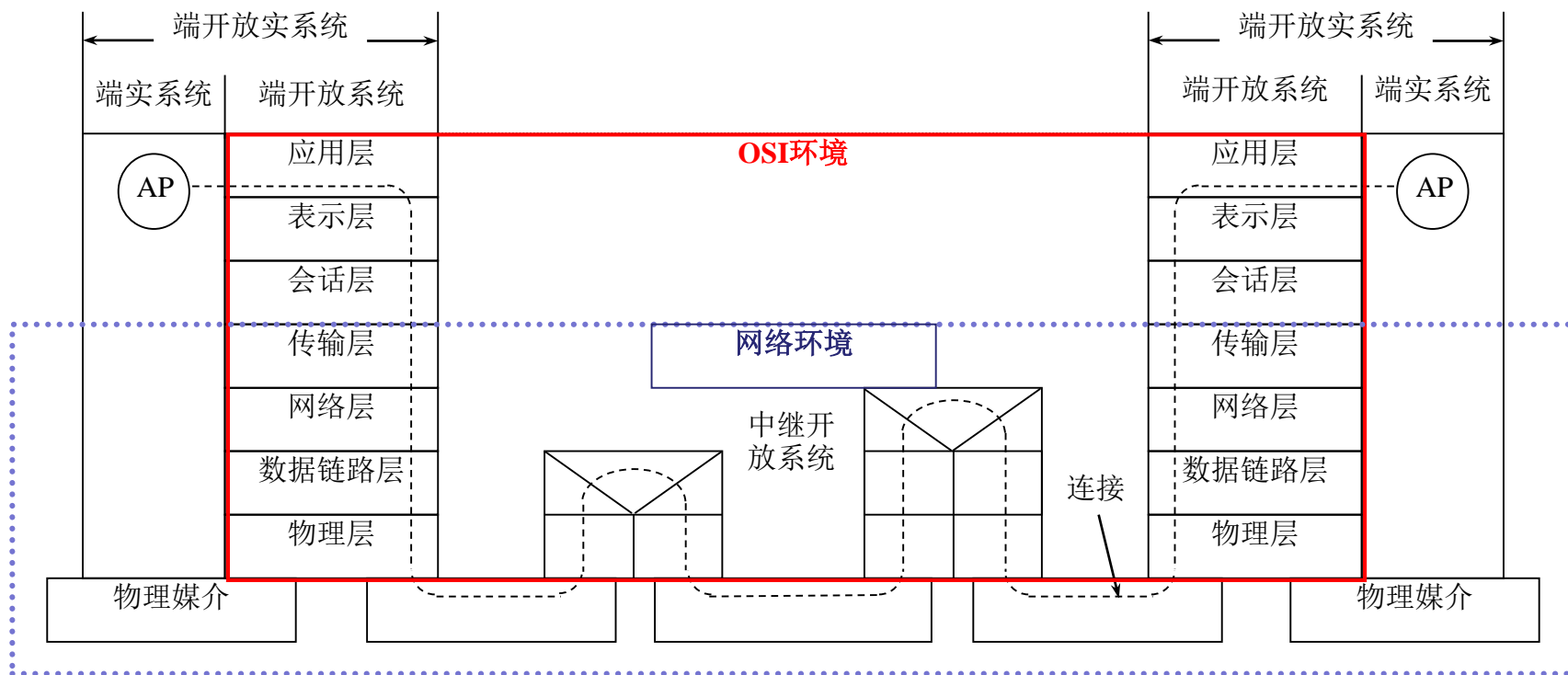
### (3) 开放系统互连环境

- ❶ **网络环境**：涉及与不同类型数据通信网有关的协议与标准，**通信子系统中面向网络功能 + 数据通信网**。
- ❷ **开放系统互连环境**：即OSI环境（OSIE），由遵循OSI标准的开放端系统和开放中继系统组成。
- ❸ **实系统环境**：建立在OSI环境之上，**通信子网 + 资源子网**。





## 经中继开放系统的开放系统互连环境示意图



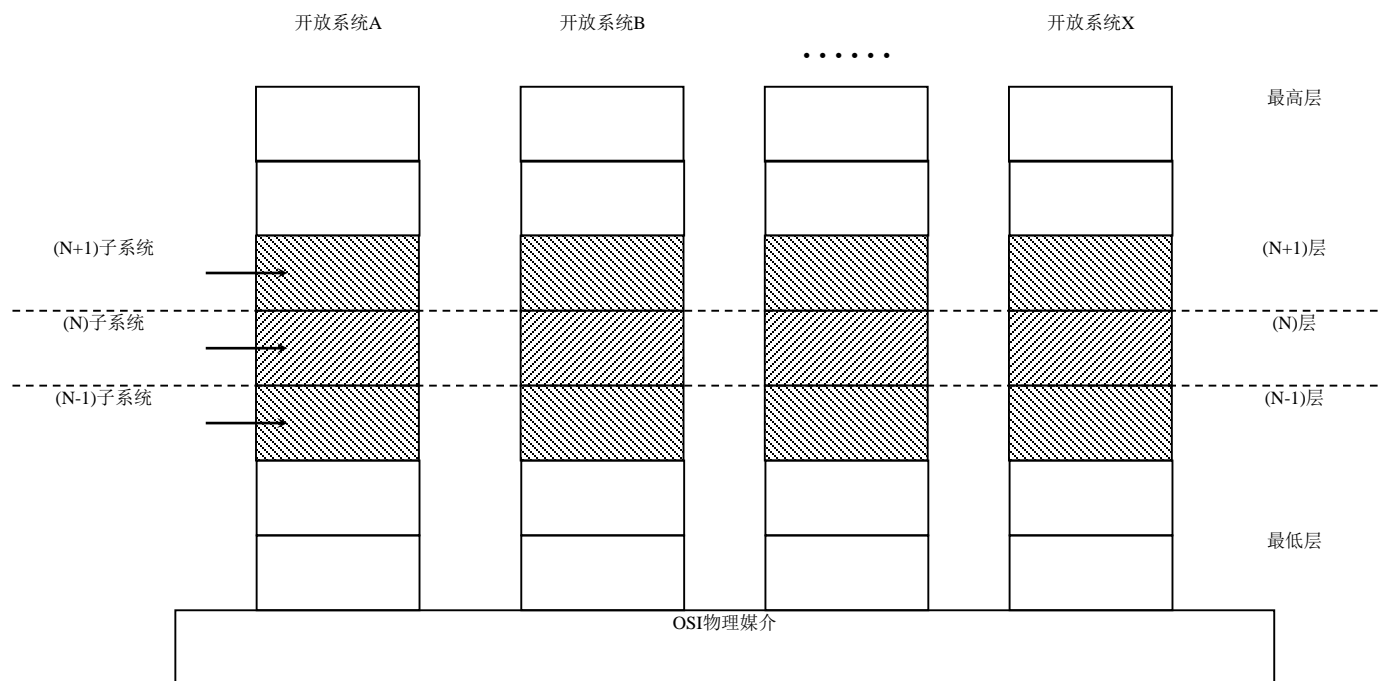
**中继开放系统：**是数据通信网中交换节点的层次结构的抽象。中继系统只包含低三层（或低二层），这些层次都处于**OSI环境**之内。



## 2、层的相关概念



**(N)层：**用(N)层表示协议的某一层，(N+1)层表示其相邻的高一层，(N-1)层表示其相邻的低一层，对等的(N)子系统构成OSI/RM中的(N)层。



互连的开放系统的分层方法



- ④ **(N)协议**：一台机器上的**(N)层**与另一台机器上的**(N)层**进行通话时，通话中采用的规则和约定。
- ④ **(N)实体(entity)**：指一个**(N)**子系统内部的一个活动要素（如一个TCP连接）。
  - 一个**(N)子系统**可以看作由一个或多个**(N)实体**组成。
  - 一层中的实体代表了该层在执行某功能时的**分布处理能力**，在一个单独的开放系统中，所有层的实体代表了该系统的**互连能力**，及能被其它开放系统所看到的**处理能力**。
  - 位于不同子系统中的同一层实体称为**对等实体**。
- ④ **接口(interface)**：每一相邻层间有一个接口，该接口定义下层向上层提供的原语操作和服务——**服务访问点SAP**。



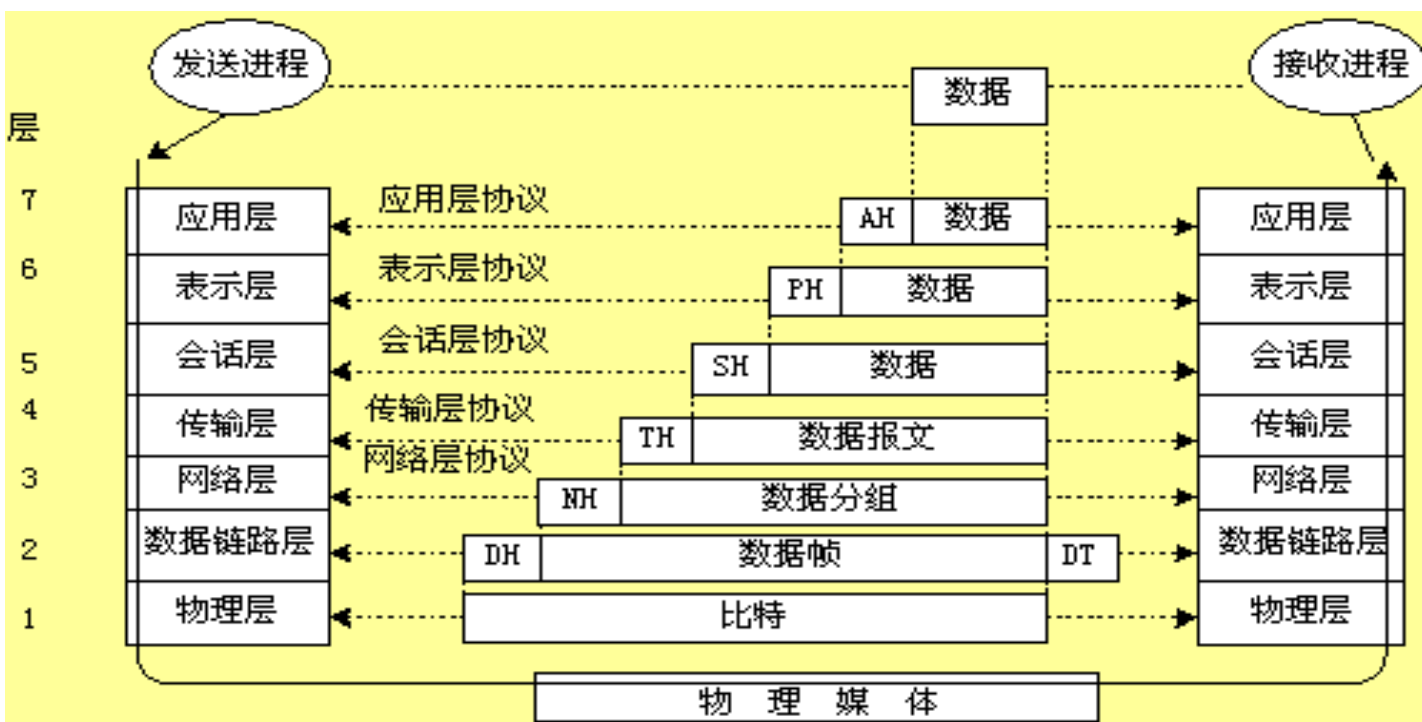
# 虚拟通信与实信息流



**虚拟通信：**两个开放系统中的**对等实体**之间的信息交换——**水平方向**

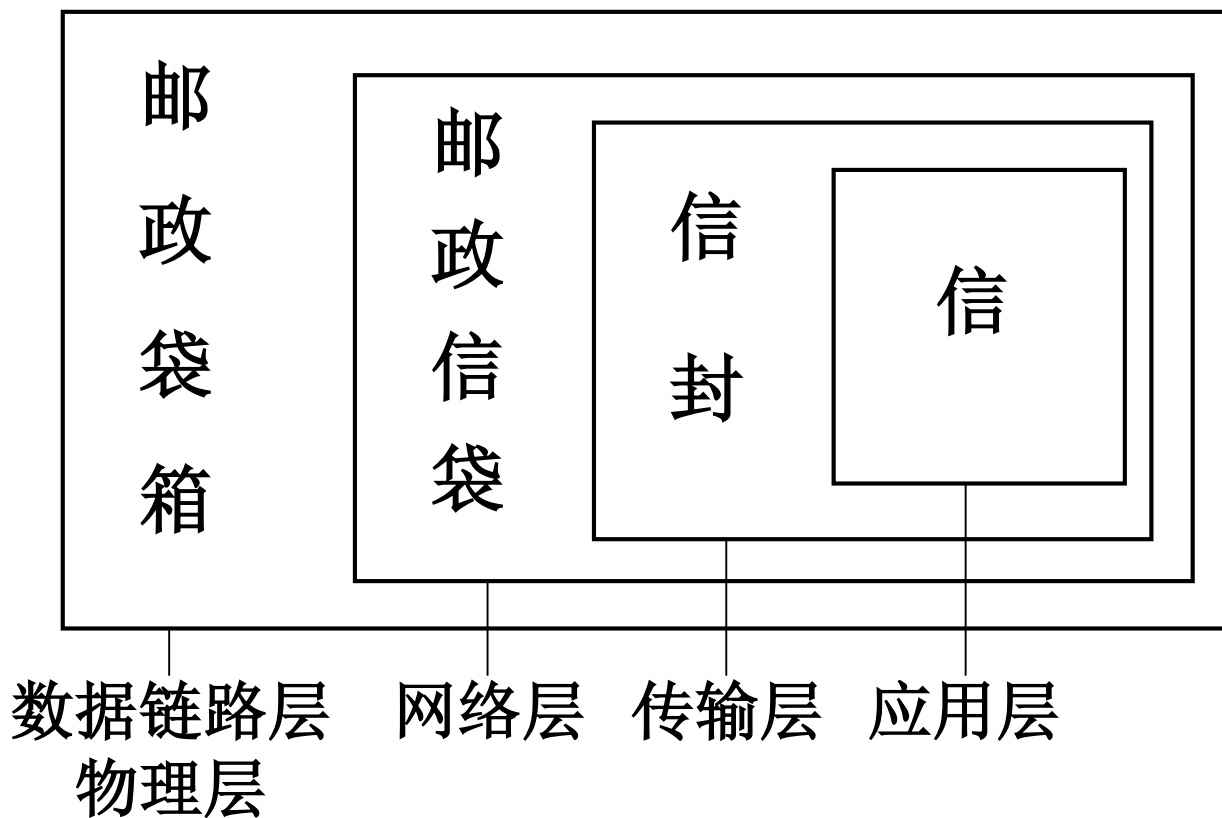


**实信息流：**对等实体的通信实际上依赖于本地系统中的(N-1)实体实现，实际的信息流是在同一系统的**上下层**之间发生——**垂直方向**

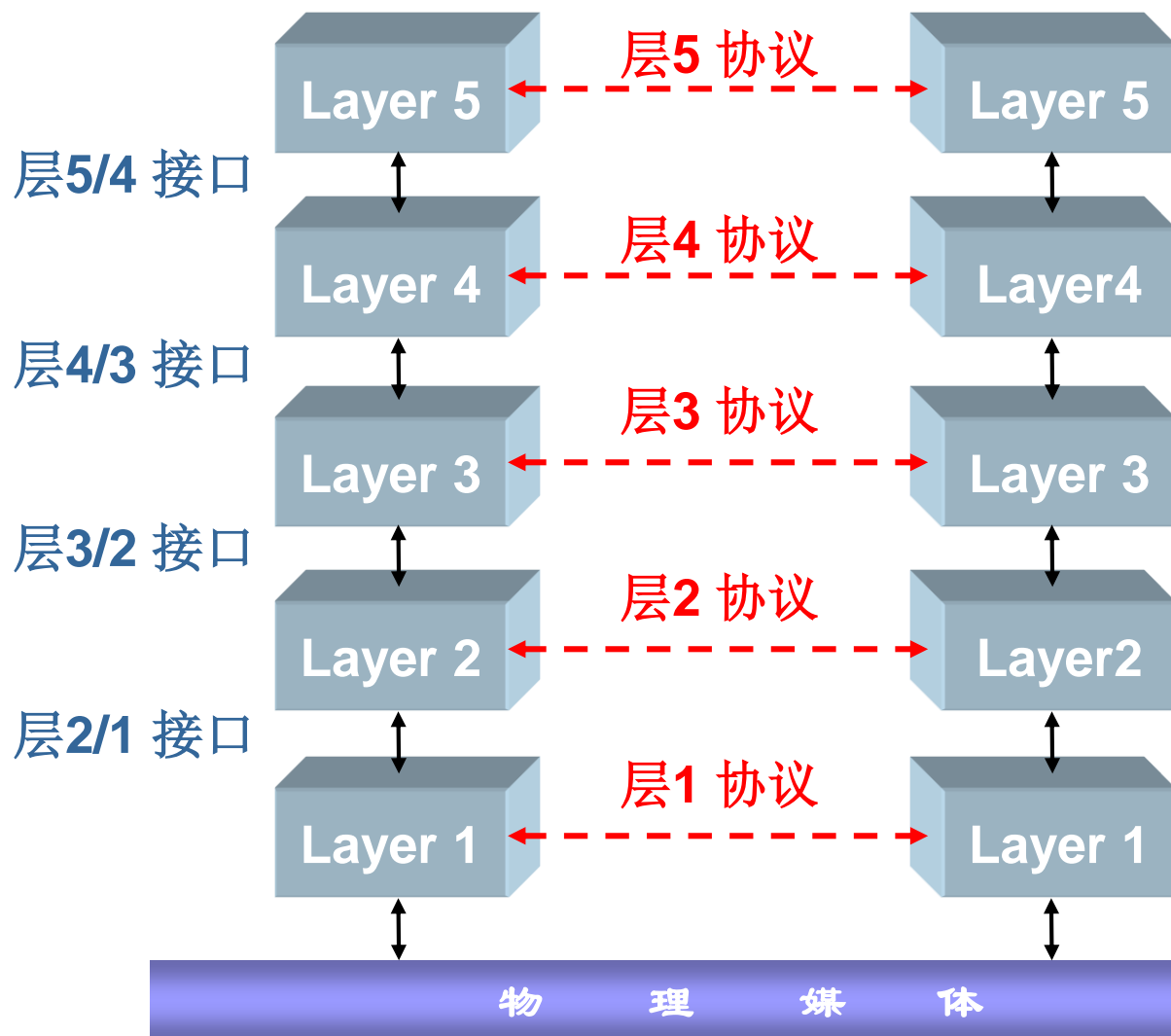




举例：某人给他的朋友写一封信







对等实体进行的通信:

- 水平通信
- 虚拟通信

相邻层进行的通信:

- 垂直通信
- 实际通信



# 服务与服务访问点



**(N)服务**：定义为(N)层及其下面各层的综合能力，并在(N)层和(N+1)层的分界面上提供给(N+1)实体

- (N)实体自己提供的功能
- 从(N-1)层及其以下各层以及本地系统环境得到的服务
- 通过与处于另一开放系统中的对等实体的通信得到的功能



**服务提供者与服务用户**

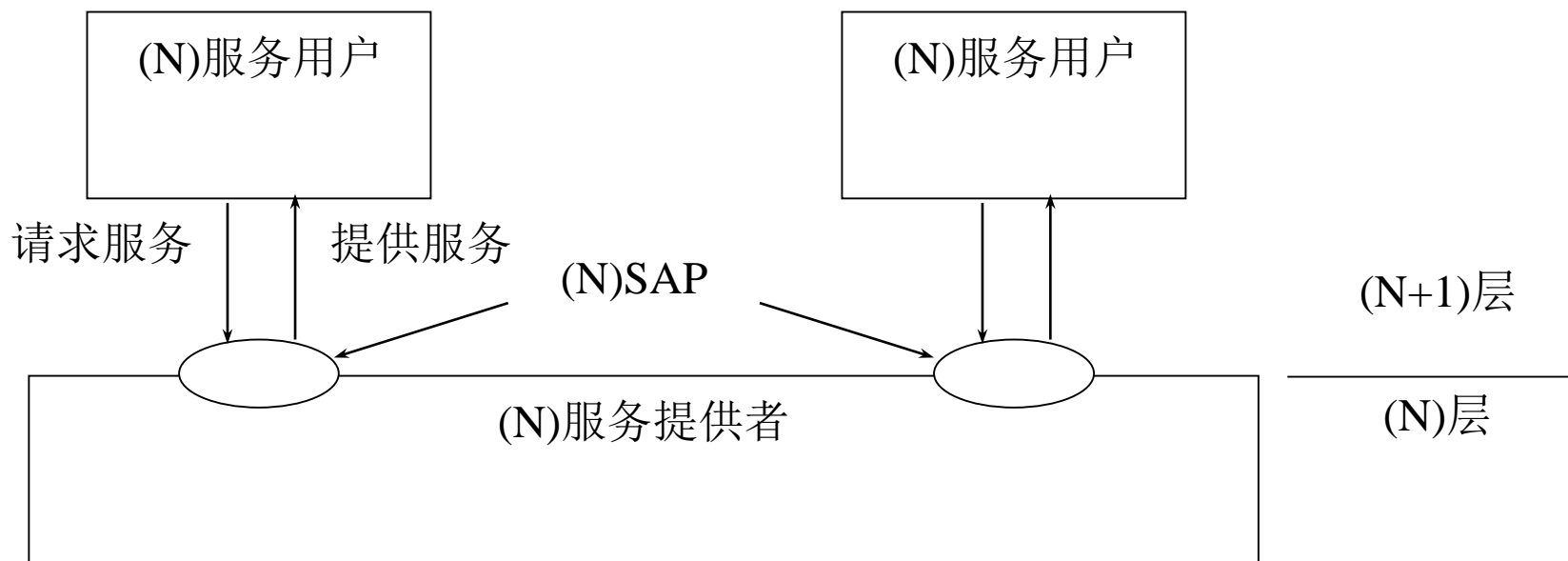
- (N)实体实现的服务为(N+1)层所使用——**服务提供者**
- (N)层可利用(N-1)服务来提供它自己的服务——**服务用户**



**服务访问点** (Service Access Points)：(N)层的**SAP**是(N+1)层可以访问(N)层服务的地方。



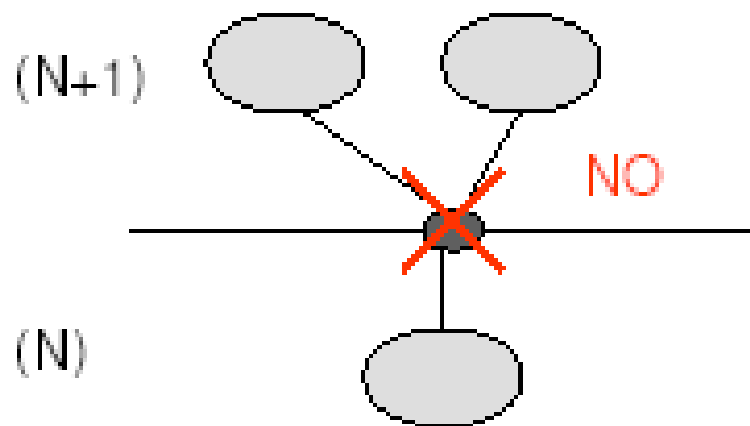
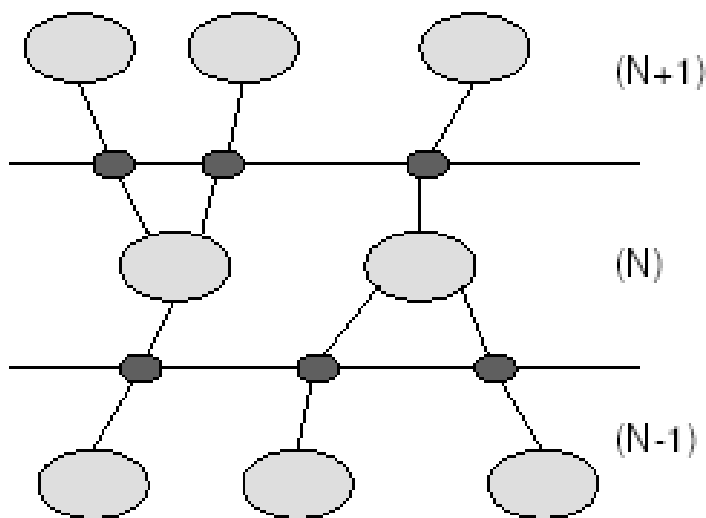
## 层服务的抽象表示





相邻层的实体通过服务访问点传递服务时，必须遵守的**两条规则**

- 一个(N)SAP只能被一个N实体所使用，并且只能被一个(N+1)实体所使用。
- 一个(N)实体可以使用多个(N)SAP，而且一个(N+1)实体也可以使用多个(N)SAP。

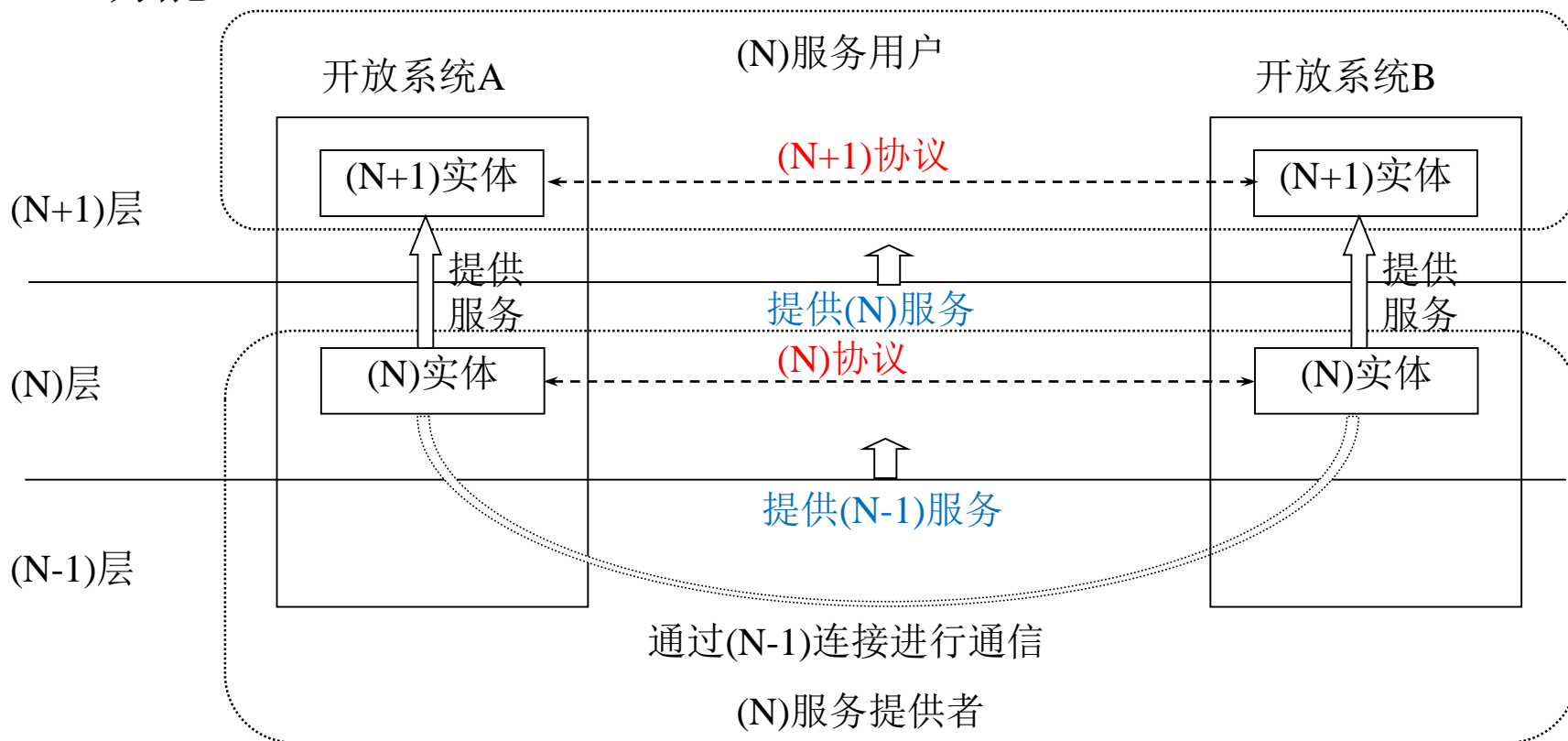




# (N) 协议



**(N) 协议：** 对等的 (N) 实体间交互的规则与格式的集合，规定了 (N) 实体如何利用 (N-1) 服务并协同工作以完成 (N) 功能



协议与服务的概念



## 服务(上下关系)

- 服务是各层向它的上层提供的一组原语(操作)
- 服务定义了该层能代表它的用户完成的操作
- 服务只与两层之间的接口有关

服务和协议是完全分离的



## 协议(水平关系)

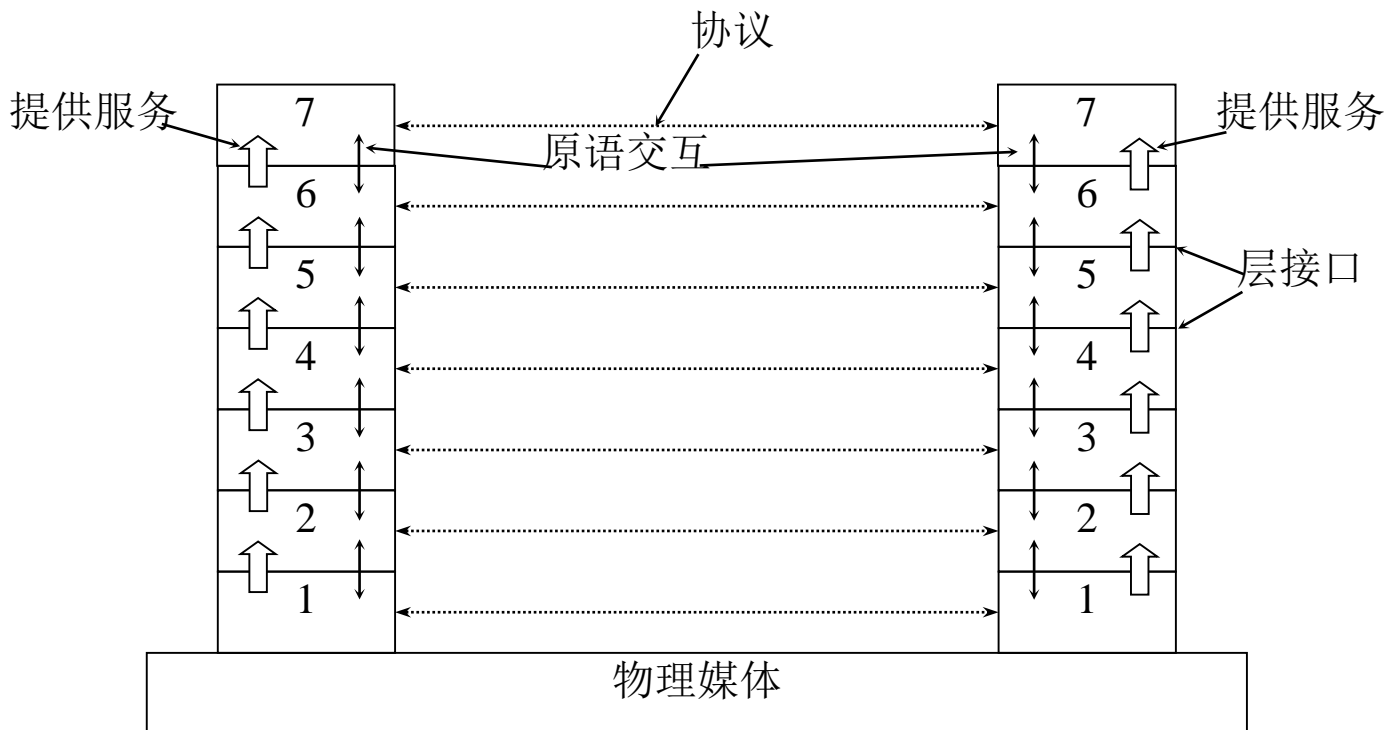
- 协议是一组规则
- 决定同层对等实体交换帧、包和报文的格式和意义
- 实体用协议来实现它们的服务定义



## 服务、接口与协议的关系

在OSI参考模型中，明确地区分了三个重要概念：

服务、层间接口、协议





## 面向连接服务

- 具有连接建立、数据传输和连接释放这三个阶段
- 在数据交换之前,必须先建立连接
- 数据交换结束后,必须终止这个连接
- 传送数据时,按顺序传送
- 文件传输等服务比较适合于面向连接的服务



## 无连接服务

- 两个实体之间的通信不需要先建立好一个连接
- 它不需要通信的两个实体同时是活跃的(active)
- 灵活方便, 比较迅速
- 不能防止报文的丢失、丢失或失序, 不可靠服务



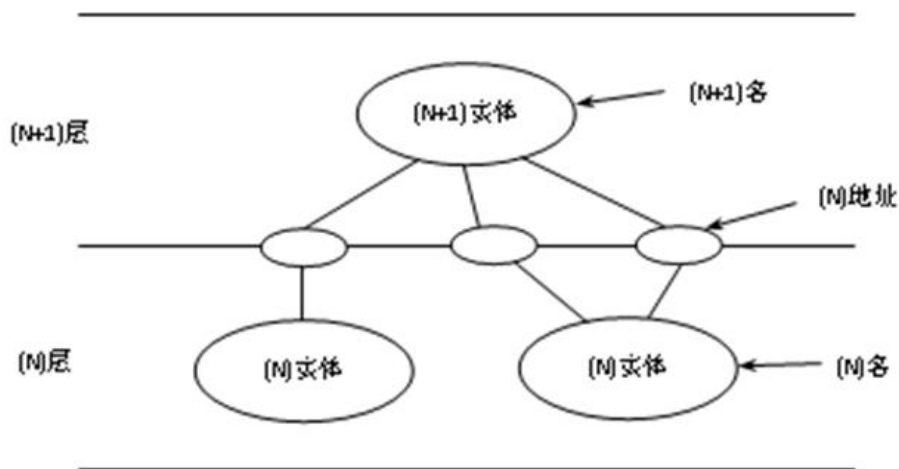


- 对一层内或相邻层的边界上的对象（如实体、服务访问点），我们必须能唯一地识别它们。
- 名称：** 是一个对象的永久性标识符。
- 名称域：** 是名称空间的一个子集。
- 在OSI环境中**实体的局部名**是一个实体在**层内**被唯一标识的名称；**实体的全局名**则是该实体在**OSI环境内**的唯一名称，它包括一个层名称域名和一个局部名两部分，因此不具有二义性。



④ (N)服务访问点的标识符称为(N)地址。

④ 使用(N)地址可以唯一地标识与某个(N+1)实体相连的一个特定(N)SAP。当该(N+1)实体与这个(N)SAP脱离时，该(N)地址就不再提供对该(N+1)实体的访问。




实体、服务访问点和标识符



- ❶ (N)层内的一个(N)实体可以与一个或多个(N-1)SAP以及与一个或多个(N)SAP相连。这时，就需要确定(N)SAP和(N-1)SAP之间的对应关系。
- ❷ 在(N)层中建立这种对应关系的(N)功能称为**(N)地址映射**。也就是说，(N)地址映射负责建立(N)地址和与(N)实体有关联的(N-1)地址之间的映射。
- ❸ 在一层内可存在两种(N)地址映射，即层次映射和表格映射。

### 3、连接及其操作

 **(N)连接**：两个或多个对等(N+1)实体之间交换数据时，必须在(N)层内使用(N)协议在(N+1)实体之间建立联系

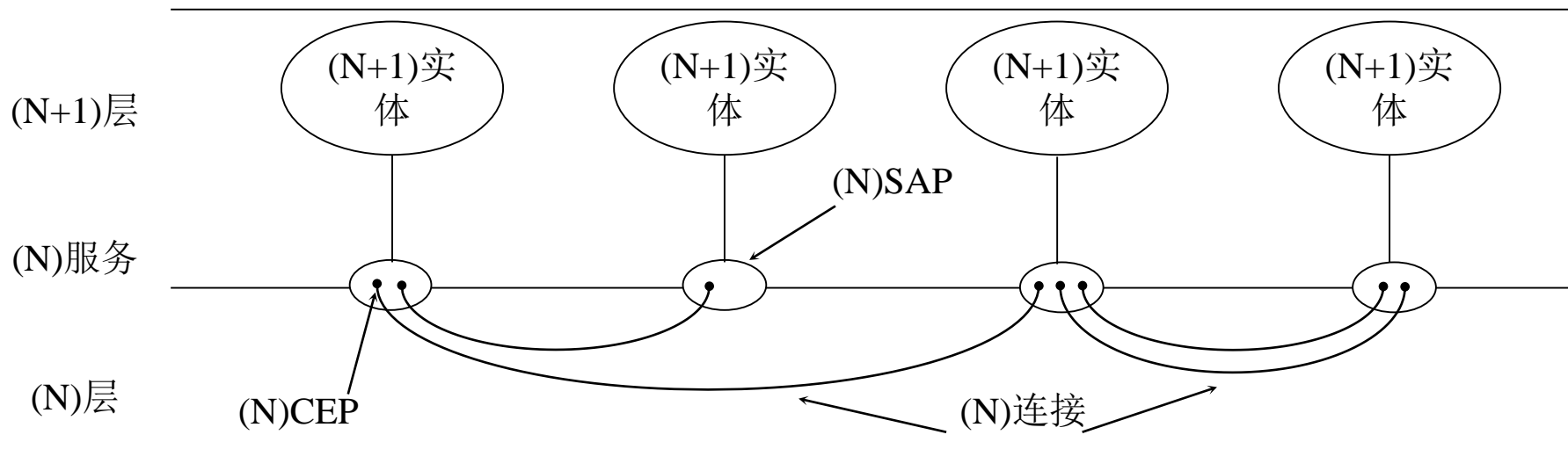
- 为这些对等(N+1)实体提供服务的(N)实体名
- 连接同一系统内建立服务关系的(N+1)实体与(N)实体间的(N)SAP
- (N+1)实体要求(N)实体提供的(N)服务的服务质量
- 与(N)服务有关的其它属性，如流量控制的窗口大小，用户数据长度等。



## (N)连接形式:

- 点对点连接: 实体之间仅有一个连接
- 多端点连接: 实体之间可有多条连接 (如广播通信)

——同一对SAP之间也可以存在多条连接, 以连接端点 (CEP) 标识区分



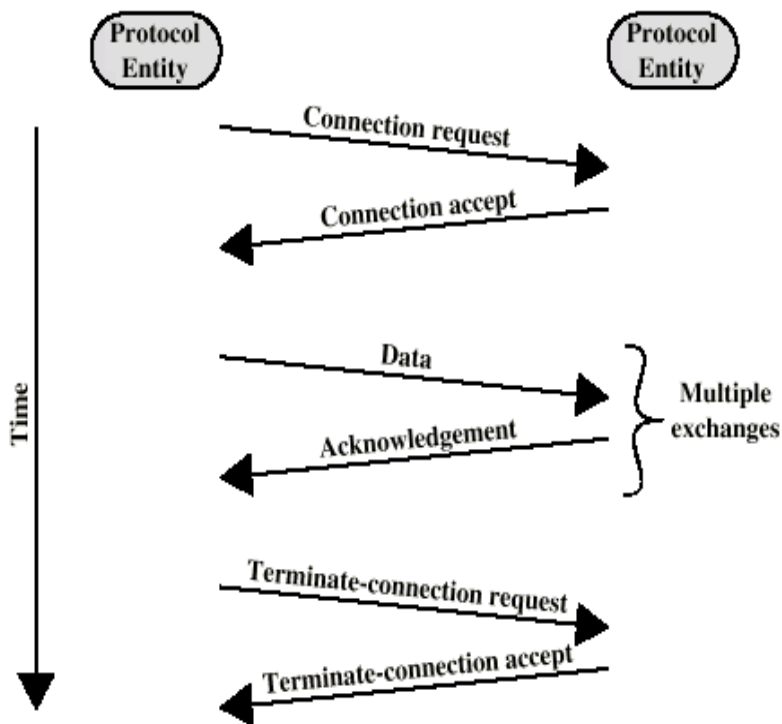


# 连接的建立与释放



## (N)层对等实体间建立一条(N)连接的条件

- 在提供支持的(N)实体之间有一条(N-1)连接;
- 两边(N)实体应处于能交换连接建立协议的状态。



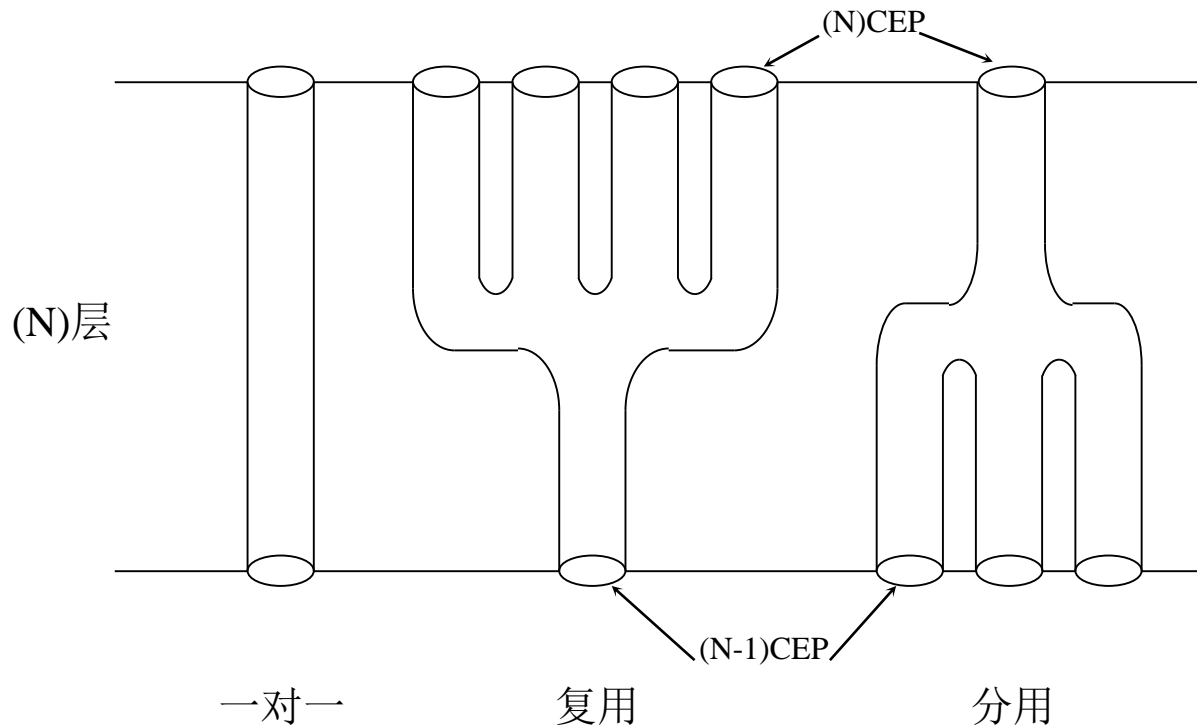


## 释放(N)连接的三种情况

- **常规释放**: 对等(N+1)实体间完成数据传送后, 任何一方(N+1)实体均可发起释放(N)连接。
- **有序释放**: 在OSI的有些层中, 设有令牌释放, 只有持有令牌的(N+1)实体才有权发起释放(N)连接, 未持有令牌的(N+1)实体无权发起释放N连接。
- **异常释放**: 当发生异常情况时, 不能再进行(N)连接上的数据传输, 此时也必须发起释放(N)连接
  - 当作为(N)服务用户的(N+1)实体发生异常情况时, 由它发起异常释放
  - 当(N)服务提供者(N)实体发生异常情况时, 则由它发起异常释放



# 连接的复用与分用



$(N)$ 连接与 $(N-1)$ 连接的映射关系

一对一映射

多对一映射（复用）

一对多映射（分用）





## 连接的映射关系

- 一对一映射：每条(N)连接建立在对应的一条(N-1)连接上
- 多对一映射（复用）：若干条(N)连接建立在同一条(N-1)连接上
- 一对多映射（分用）：一条(N)连接建立在若干条(N-1)连接上, (N)连接的通信量可以分解到若干条(N-1)连接上



## 复用的目的

- 提高使用效率,节省费用;在只有一条(N-1)连接时,提供多条(N)连接



## 分用的目的

- 在有多条(N-1)连接可用时,提高可靠性;提高吞吐量和其他服务质量;利用廉价的多条(N-1)连接提高经济效益



## 4、数据传送



### 信息传输的两种情况

- 在已经建立连接的对等(N)实体之间传送（受(N)协议的控制）——水平传输
- 在同一开放系统相邻子系统的实体之间传送,即连接到同一个(N-1)SAP的(N-1)实体与(N)实体之间的传送——垂直传输



# 协议数据单元的组成



**(N)PCI(Protocol Control Information):**协议控制信息,协调对等实体间的协同工作,一般作为协议头(header)

- 加在用户数据之前, 组成PDU



**(N)PDU(Protocol Data Unit):**跨过网络传给对等实体的信息

- $PCI + UD = PDU$



**(N-1)ICI(Interface Control Information):**协调相邻层的(N)实体与(N-1)实体的联合操作

- 加在接口数据前面, 组成 IDU



**(N-1>IDU(Interface Data Unit):** (N)层实体通过SAP传递给第(N-1)层实体的信息

- $ICI + ID = IDU$



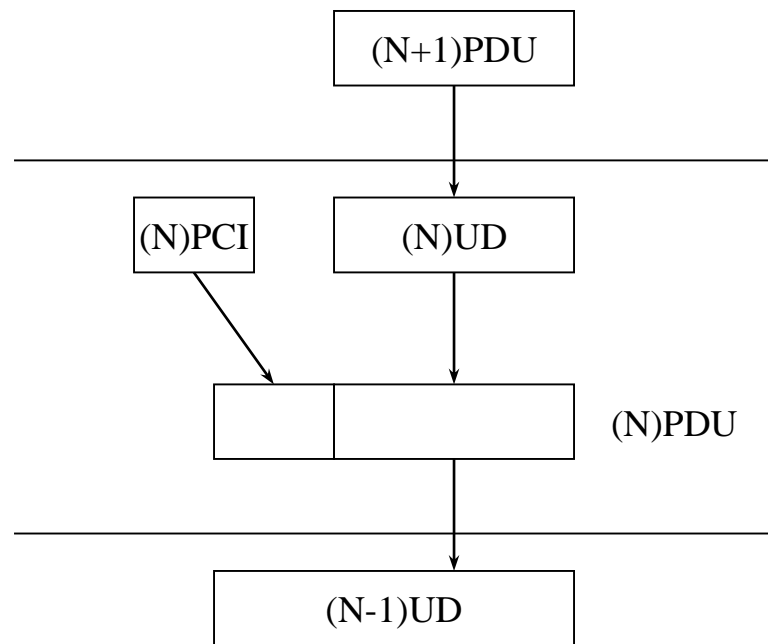
**(N-1)SDU(Service Data Unit):** (N)实体与(N-1)实体之间传送的信息, 是(N-1)接口数据的总和



(N+1)层

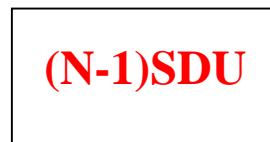
(N)层

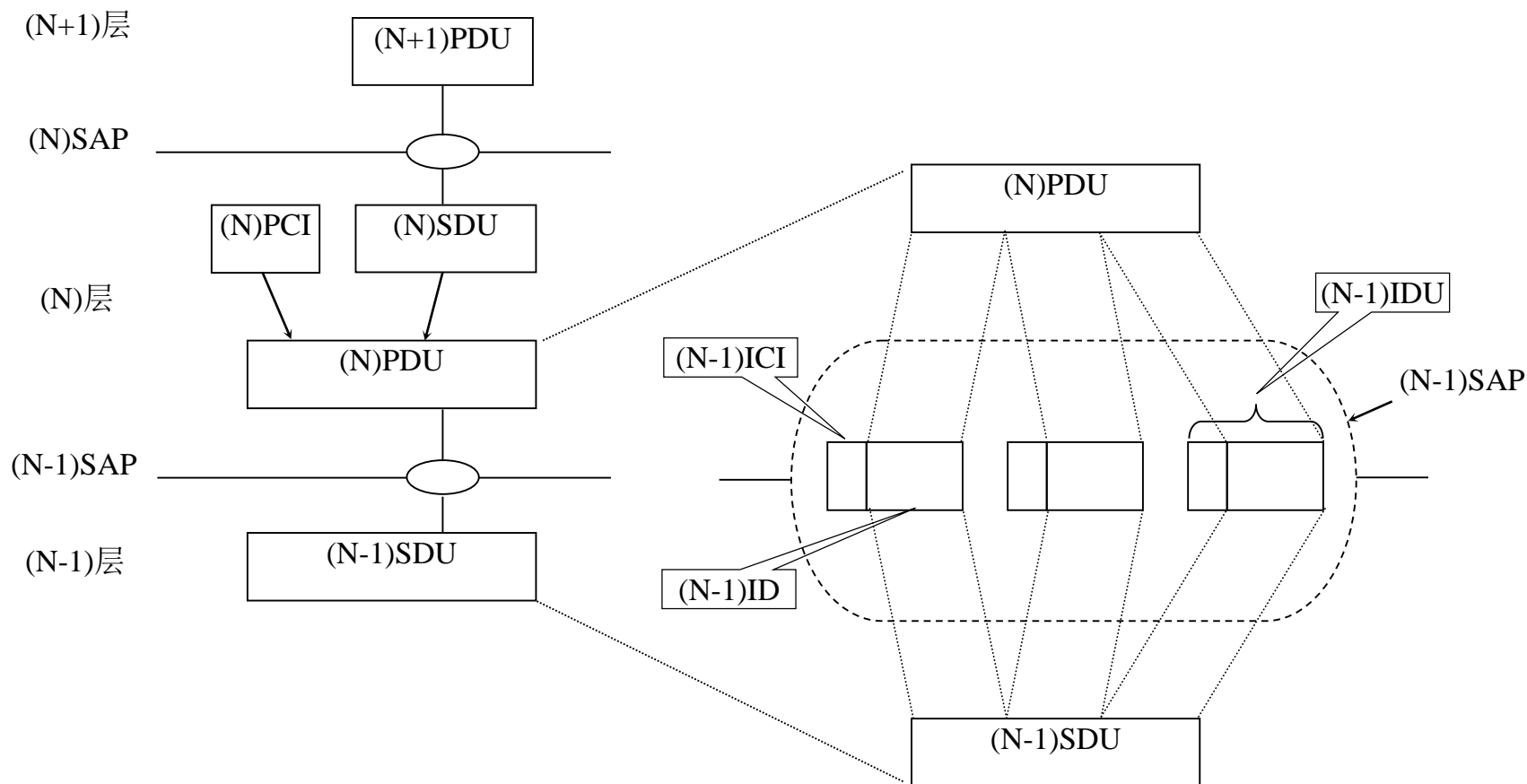
(N-1)层



协议数据单元的构成

	控制	数据	组合
(N)与(N)对等实体间	(N)PCI	(N)UD	(N)PDU
(N)与(N-1)相邻层间	(N-1)ICI	(N-1>ID	(N-1)IDU





## PDU、IDU和SDU三者的关系

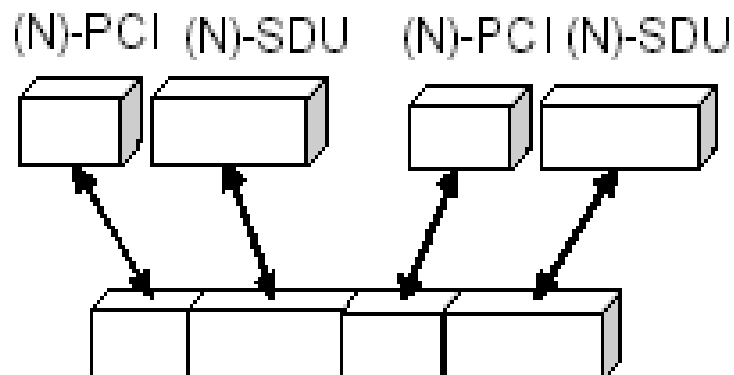
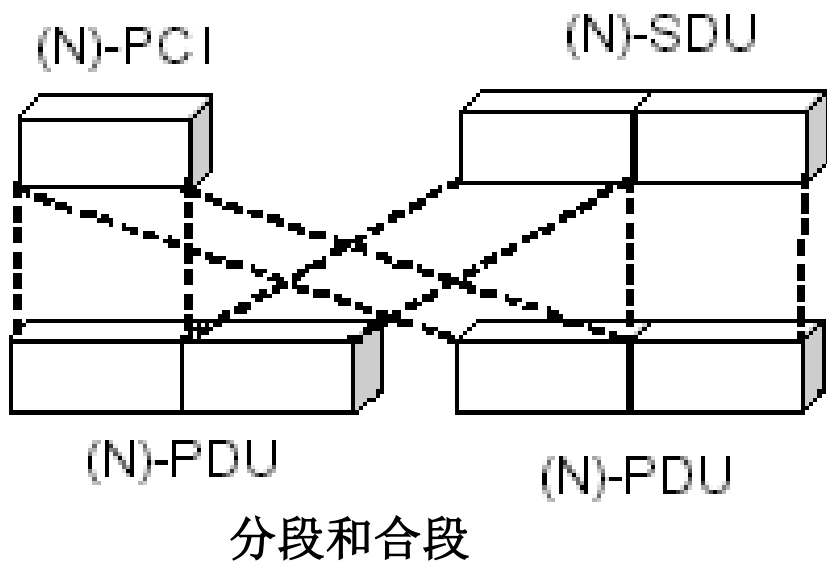


- ④ **正常数据传送：** 控制信息和用户数据作为协议数据单元,在(N)实体之间进行传送,用于传送普通用户数据;
- ④ **加速数据传送：** 传送比正常数据传送优先级高的服务数据单元,用于传送信令和中断等控制信息;
- ④ **特权数据传送：** 对数据传送服务可设置数据令牌(Token)、权标(Right)或轮次(Turn)等,它们表示获得了某种服务的权利。

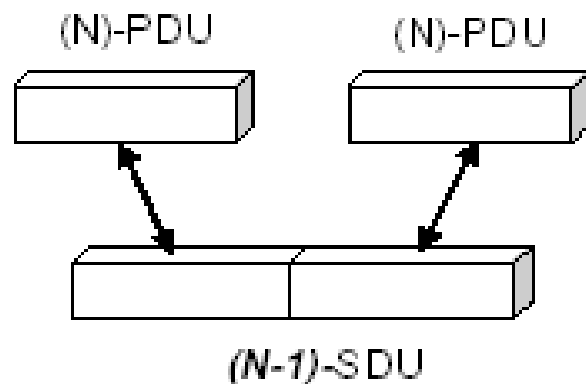


# 数据单元的分与合

不同层的数据单元，其长度都要受到该层协议的控制，不同层次数据的长度未必都一致，因此，需要进行数据单元的分段和拼块



拼块和分块



拼接和分割



## 5、服务原语

 **服务原语（Service Primitive）**:是指服务用户与服务提供者之间进行交互时所要交换的一些必要信息。

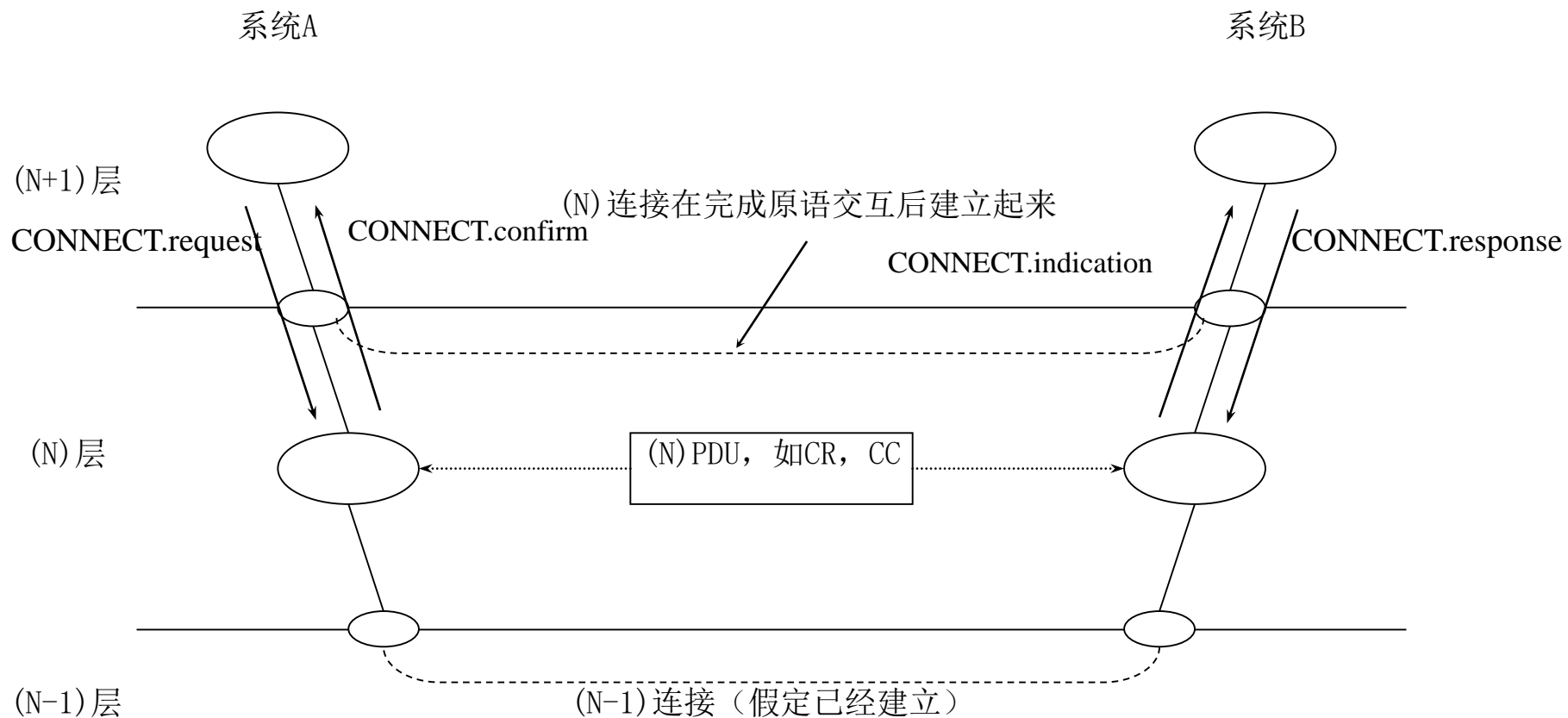
OSI/RM规定了四种服务原语类型:

原语类型	英文对照	含义
请求	request	一个实体希望得到完成某些操作的服务
指示	indication	通知一个实体，有某个事件发生
响应	response	一个实体对某个事件作出响应
证实	confirm	返回对先前请求的响应





## 原语交互时序



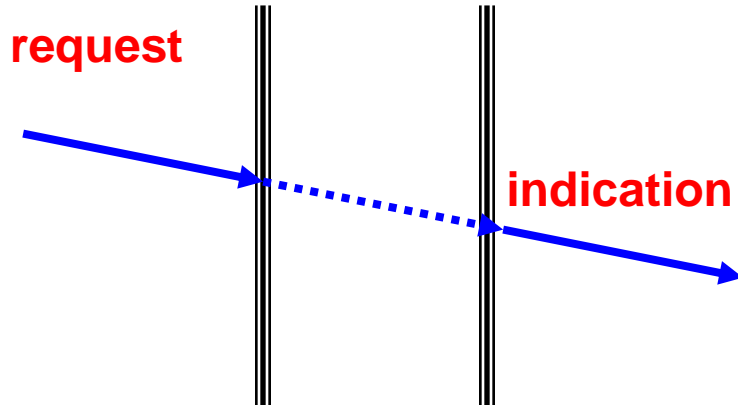
### 建立(N)连接的原语交互



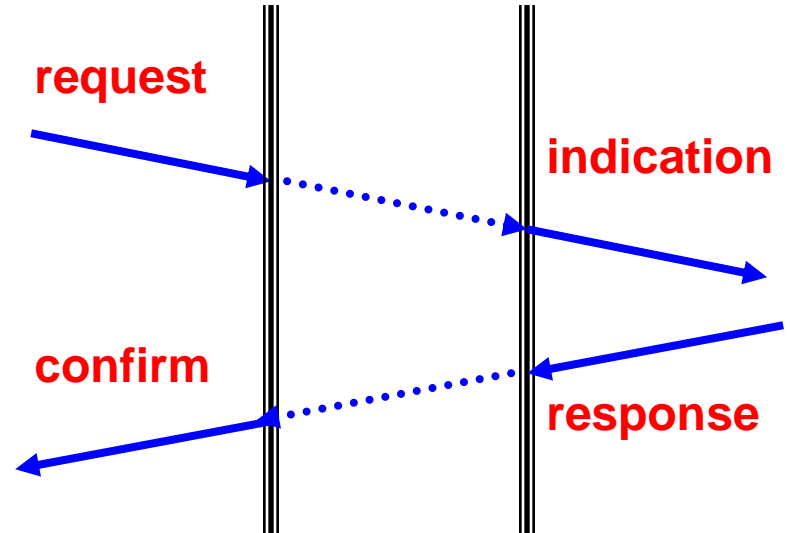
# 服务原语



## 无确认服务

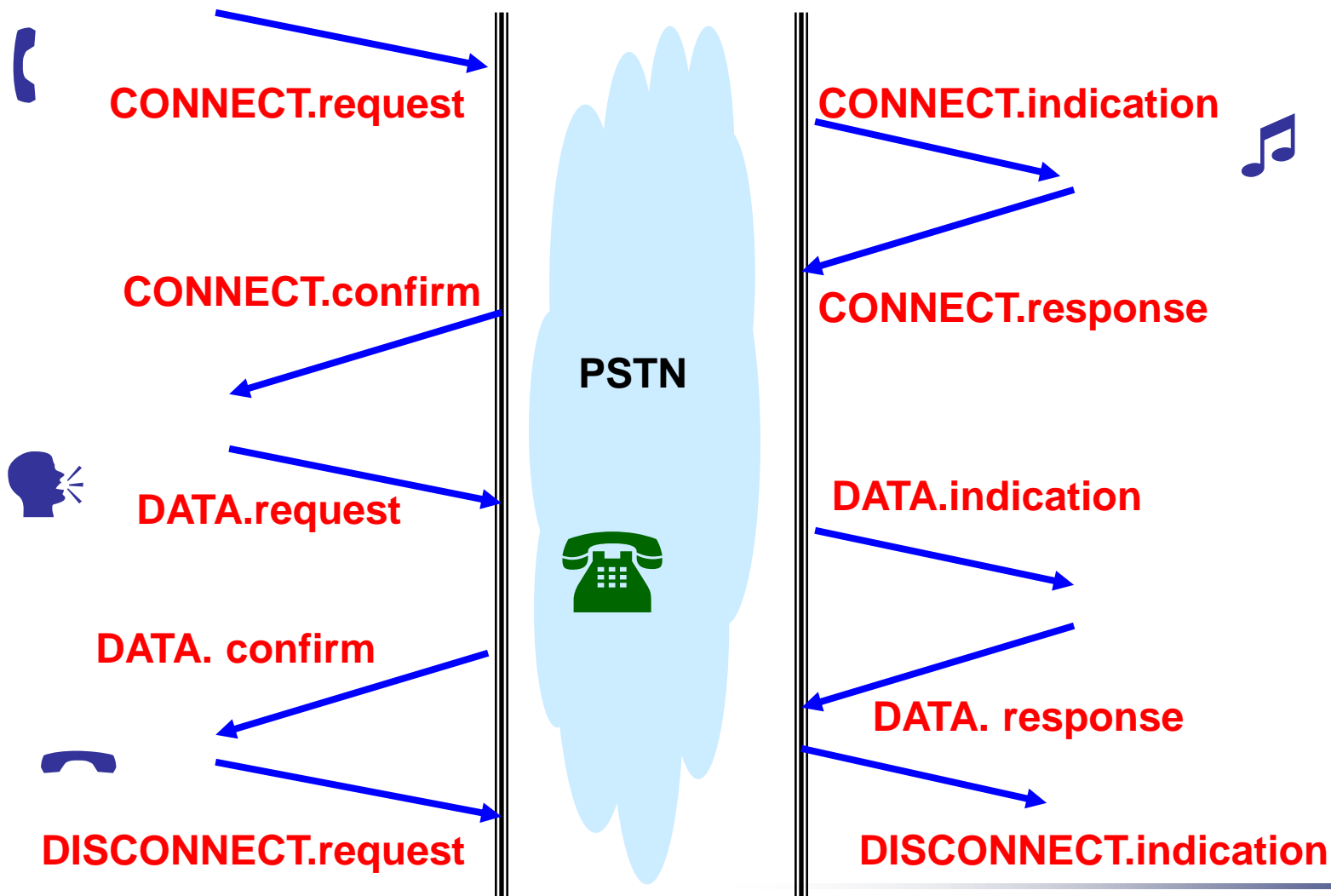


## 确认服务





## 面向连接的数据传输用到的服务原语





P61

复习题：5、6、7、9、12、13题