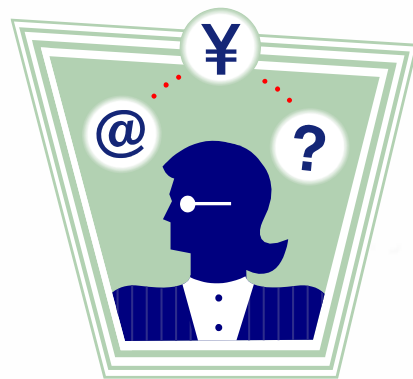




第二章 网络协议和网络体系结构

课前思考

网络上各计算机系统地位平等，无主次之分，可以说是“群龙无首”，那么如何实现各计算机之间有条不紊的进行数据交换和资源共享的？





第二章 网络协议和网络体系结构

2.1 网络协议

2.2 网络体系结构

2.3 OSI参考模型

2.4 Internet 参考模型



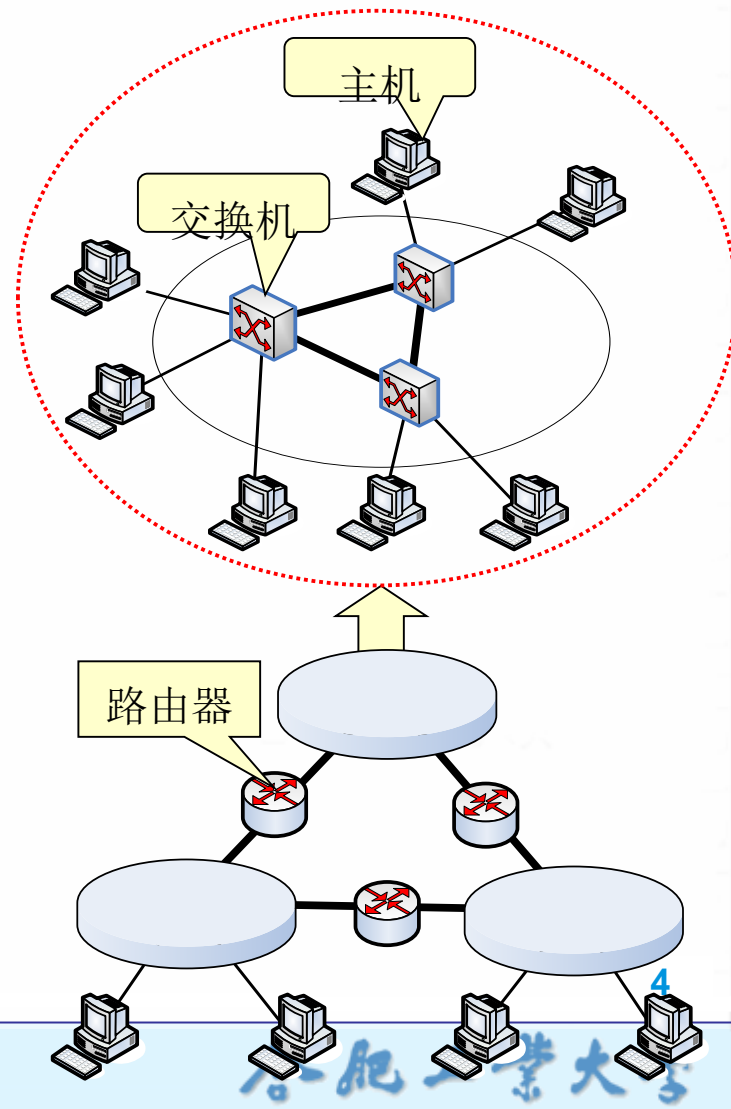
为什么要网络体系结构?

- 我们的目标是构建一个通用的、高效的、健壮的、能够适应网络技术发展和应用需求变化的网络
- 网络体系结构将为我们指导网络设计，降低网络构建的复杂度



网络构建要素

- **连通性**：网络内任何两个节点之间都是连通的
- **交换（Switching）**：将来自一条链路的数据向另一条链路转发，在一个计算机网络内，交换机为间接相连的主机提供数据转发功能
- **寻址（Addressing）**：任何节点都有能够区别于其它节点的标识/地址
- **路由选择（Routing）**：将来自一个网络的数据向另一个网络转发，在互连网中，路由器为不同计算机网络提供数据转发功能
- **协议（Protocol）**：保证数据能够被网络中不同节点按照预定的相同规则进行处理，从而实现特定的网络服务





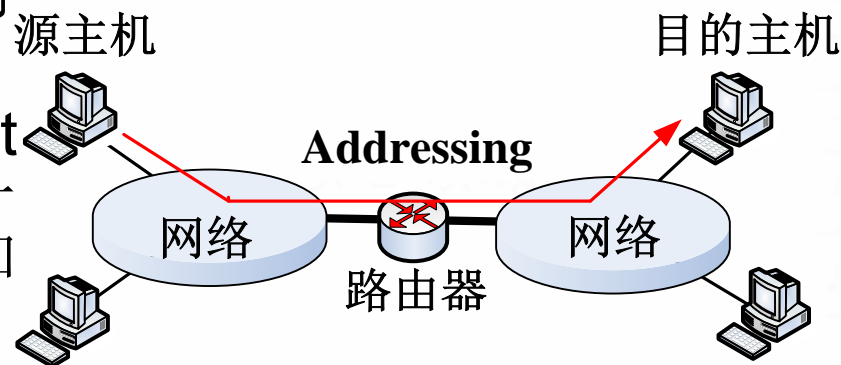
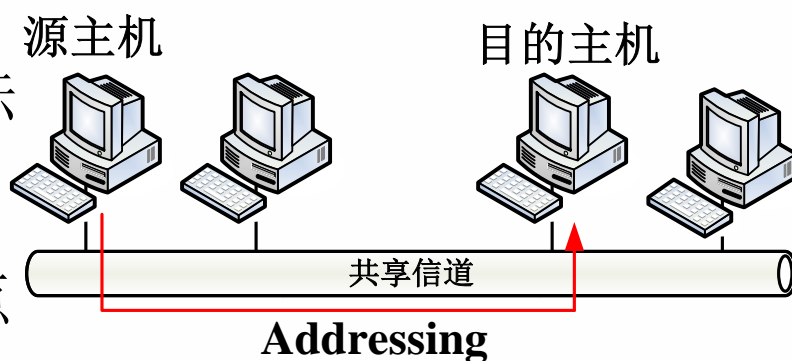
寻址

- 通过给节点定义地址（**Address**）实现节点区分，通信时要指明目标节点的地址

- 单播地址（**Unicast Address**）：唯一地标识网络中单一的目标节点

- 广播地址（**Broadcast Address**）：标识一个计算机网络中所有的节点

- 多播 / 组播地址（**Multicast Address**）：标识网络中特定的一组节点，网络中节点可自由加入和退出组





路由选择

- 网络中路由器根据地址来确定如何将数据发送到目标节点，本质上，路由器执行的也是交换操作，并且采用存储转发的策略，所以路由器可以看作是连接多个网络的交换机
- 但是，路由器交换操作的依据和单个计算机网络内的交换机不同，它是建立在路由选择基础上的
- 路由选择在多个路由器之间运行，跨越多个网络，获得整个互连网的拓扑和链路状态，提供路由器执行数据转发所需的信息



2.1 网络协议

● 网络协议

为保证网络中的计算机之间有条不紊的进行数据交换，合理的共享资源，各独立的计算机系统必须严格的遵循事先约定好的一整套**通信规程**，包括规定要交换的数据格式、控制信息的格式和控制功能、通信过程中事件执行的次序等。**这些通信规程称之为网络协议。**

....



2.1 网络协议

● 通信协议举例

假设一个中国人与一个德国人准备进行异地通话。要顺利的完成本次通信，双方必须共同遵守如下“协议”：



- 双方在交谈内容上达成一致，即均对谈话内容有共同兴趣；
- 双方使用的语言必须转换成彼此能够听懂的一方语言；
- 利用何种通信系统实施语音信号的传输。



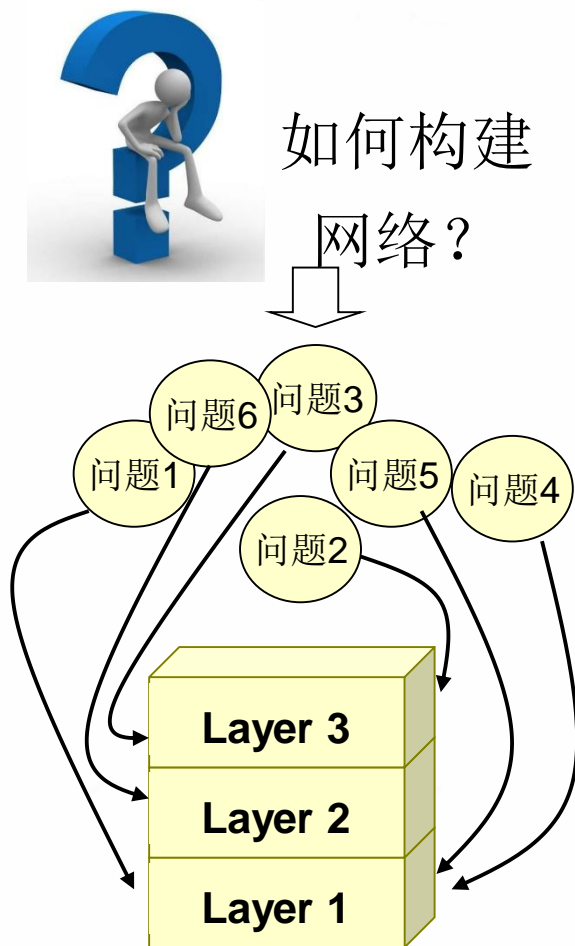
网络协议涉及的内容

- 计算机网络遵循更为复杂的“协议”，内容可能涉及到：
 - 通过何种物理传输介质传输数据。
 - 如何进行数据编码。
 - 如何实现收/发端同步。
 - 数据传输单元格式。
 - 如何控制通信方向。
 - 如何进行路由选择。
 - 如何进行差错控制。
 - 如何进行流量控制。
 - 不同操作系统的计算机之间如何进行数据格式转换。
 - 传输过程中是否进行数据加密，如何加密。
 -



分层与协议

- 在网络体系结构中，采用分层的思想对网络构建问题进行分解
 - ➔ 根据应用需求，确定需要解决哪些问题
 - ➔ 确定问题的解决应该放在那一层
 - ➔ 每一层都建立在其下一层的基础之上，每一层的目的都是为上一层提供服务
- 对于每一层，在网络体系结构中都定义相应的协议来实现该层所需的服务



层和协议的集合称为网络体系结构，层表示了网络协议的组织结构



为什么分层

●分层的优点

- ➔ 分层将建造一个网络的问题分解为多个可处理的部分，每一层解决一部分问题

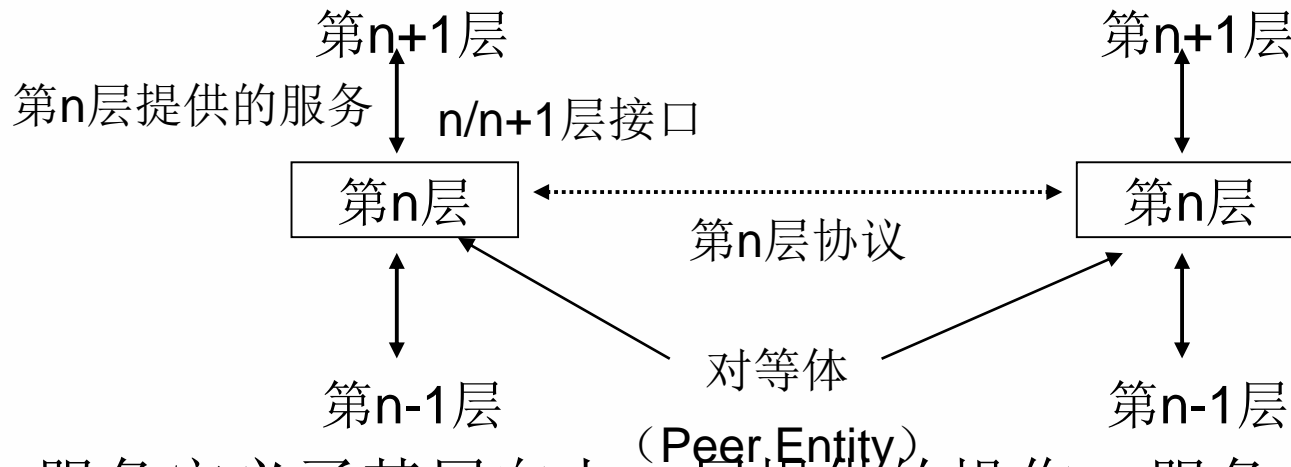
简化问题

- ➔ 分层提供了一种更为模块化的设计，如果添加新的服务，只需要修改一层的功能，而继续使用其它各层提供的功能

更加灵活



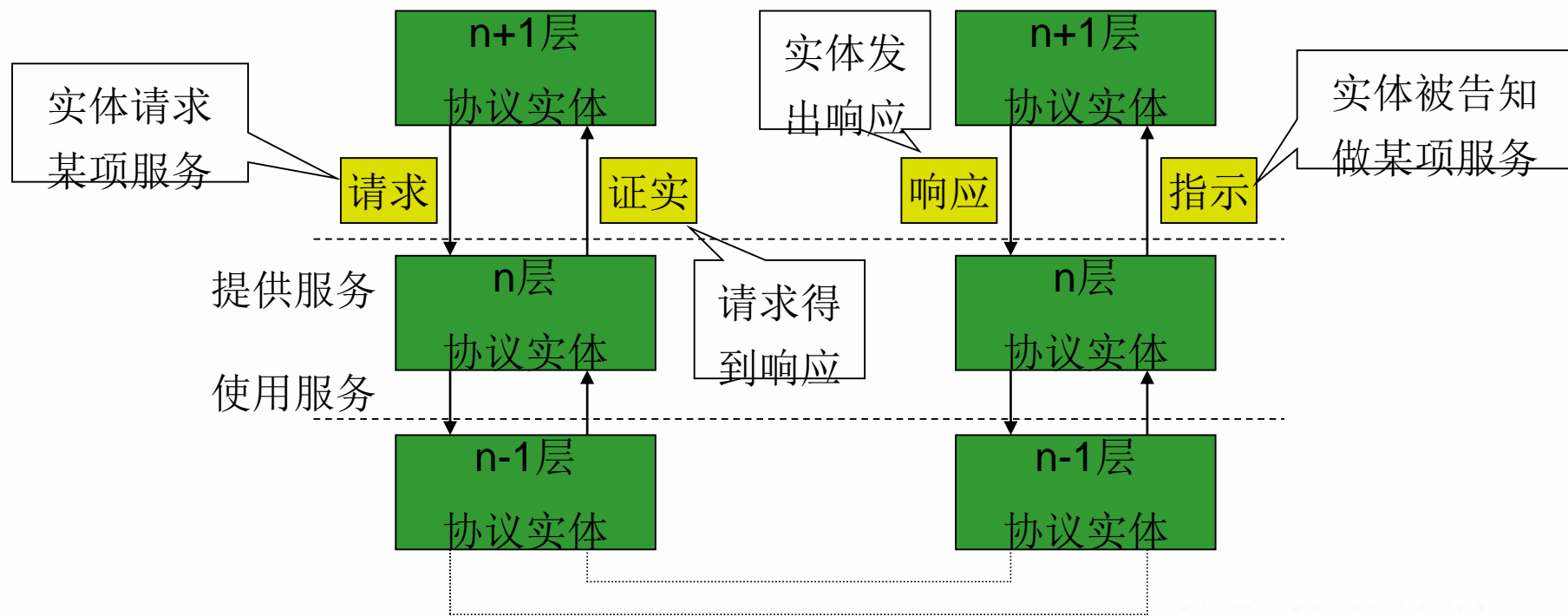
服务与协议



- 服务定义了某层向上一层提供的操作，服务由层之间的接口定义，低层是服务的提供者，而上层是服务的用户
- 协议定义了实现某层服务而需要在不同节点的相同层之间交换的数据的格式、含义以及流程
- 各层协议相互独立，两个通信节点可以自由改变各自相同层所使用的协议，但是层间的接口即低层向上层提供的服务不变
- 实现协议的软件或者硬件称为协议实体，在下面的叙述中，协议等于协议实体



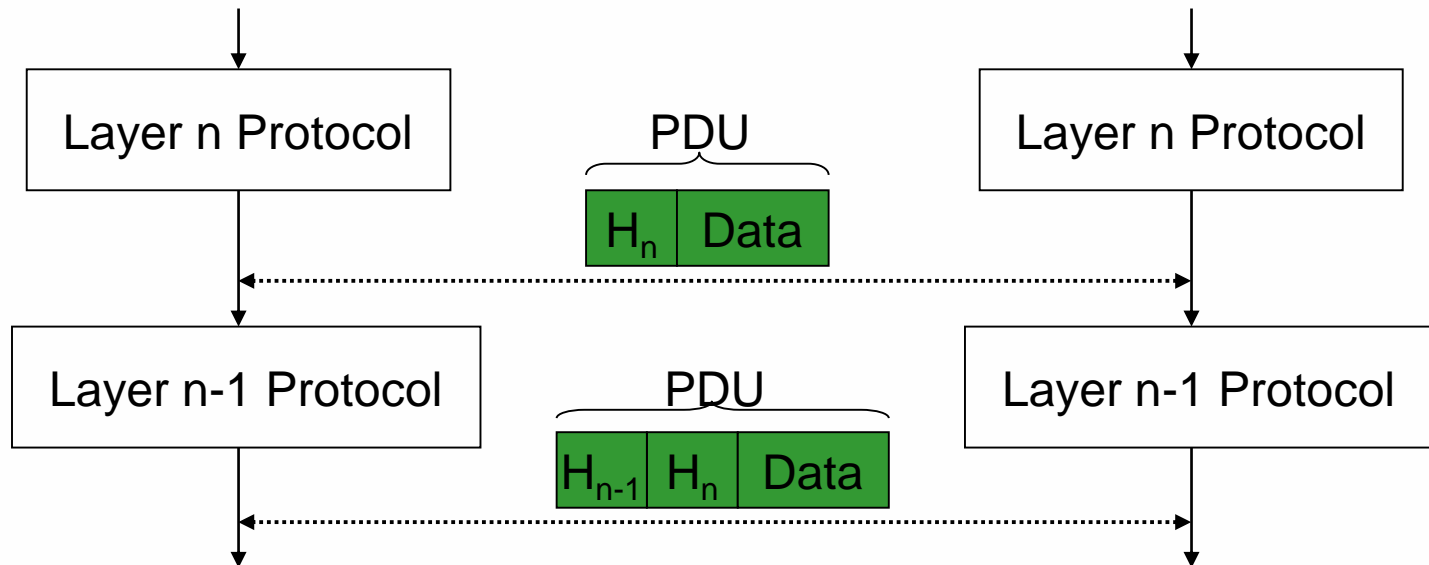
服务原语



- 服务通常使用一组原语（**Primitive**）来描述，并且用户通过这些原语操作来访问服务
- 服务原语通常以系统调用的形式实现，告诉服务执行某个动作，或者将某个对等体所执行的动作报告给调用该服务的用户



协议封装



- 封装：在发送节点上，每一层都给来自上层的协议数据单元（**PDU: Protocol Data Unit**）加上代表协议控制信息的头标或者尾部，向下层协议递交
- 解封装：在目的节点上，每一层协议根据该层协议控制信息完成该层**PDU**处理后，去掉该层协议相关的头标或者尾部，向上层协议递交



2.2 网络体系结构

- 背景

为了减少网络设计的复杂性，便于网络互联和扩展，需要将整个网络功能划分为若干个层次，每个层次只完成某种特定功能，并有一个特定的协议来描述如何实现这个功能。

- 网络体系结构

网络分层结构及其协议的集合称为网络体系结构。



2.2 网络体系结构

- 会晤层

仅协商双方是否对交谈内容有共同兴趣，而不关心使用何种语言以及何种通信系统。

- 语言层

仅协商通过某种第三方语言（如英语），完成汉语/英语，英语/德语的转换，而不关心交谈内容以及物理通信系统

- 物理层

仅完成语音信号的传输，而不关心使用何种语言，更不关心交谈内容。



2.2 网络体系结构

- 真正的物理通信总是发生在物理层。除物理层外，其余各对等层实体间都是虚拟通信。
- 通信必须在对等层进行，不允许交差通信。
- 虚拟通信是一种逻辑通信，其意义在于：
 - 设计本层协议时，不受其他层协议的内部实现影响。
 - 通过层间接口调用低层提供的服务，只要获得低层足够支持，虚拟通信就能得以实现。
- $n-1$ 层为 n 层提供服务。 n 层直接使用 $n-1$ 层提供的服务，间接使用 $n-2, n-3, \dots$ 层提供的服务。
- 层与层之间互视为黑匣子，不关心其他层的具体实现。当某一层具体实现方法改变时，只要保持层间接口不变，就不会影响邻层。
- 对等层通信通过“协议”实现，相邻层之间交互通过“服务”实现。

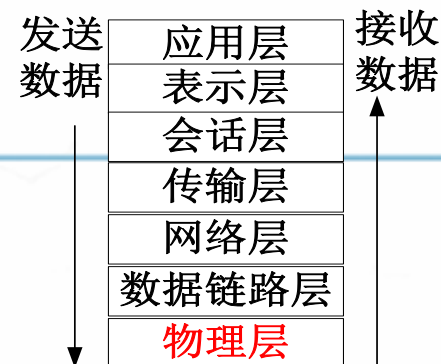


2.3 OSI参考模型

- 二十世纪70年代中期，虽然计算机网络都采用层次化结构，但缺乏统一标准，不同的网络划分的层次数不尽相同，每层的功能划分也不一样，难以实现开放互连。
- ISO于1977年制定了开放系统互连标准，简称为OSI (Open Systems Interconnection) 。
- OSI参考模型将整个网络功能划分为7层（又称为七层协议），并定义了每层功能及层间接口标准。
- 图 fig1.15



物理层



● 主要功能

- 激活物理连接以便传送数据。例如ISDN设备在未激活状态只能实现基本的话音业务，激活后能够提供语音、数据等综合业务
- 原始比特数据传送，分为同步传送和异步传送模式，全双工和半双工传送模式
- 物理层连接去激活

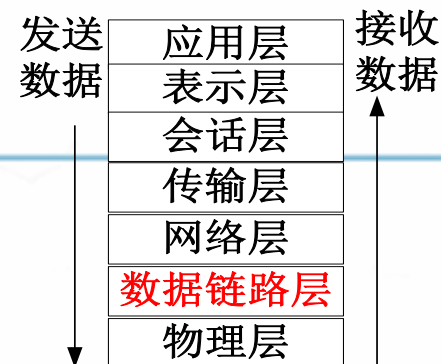
● 相关协议

- 设备间信号的传送方式，包括调制方式、编码和使用信号处理与传输线路的特性匹配

● 主要设备：信号放大器（Amplifier）、集线器（Hub）



数据链路层



● 主要功能

- ➔ 成帧。在发送方，在数据前面加上头标和尾部，封装成数据帧，头标一般包含地址和控制信息，而尾部则用于差错校验，然后顺序地传输这些数据帧
- ➔ 流量控制。如何避免一个快速的发送方淹没掉一个慢速的接收方
- ➔ 对于广播式的网络必须解决的问题是：如何寻址以及控制对共享信道的访问，为此在数据链路层引入了一个特殊的子层，即媒介访问控制子层MAC (Media Access Control)
 - 广播式网络：所有节点通过一条共享链路连接的网络

● 相关协议

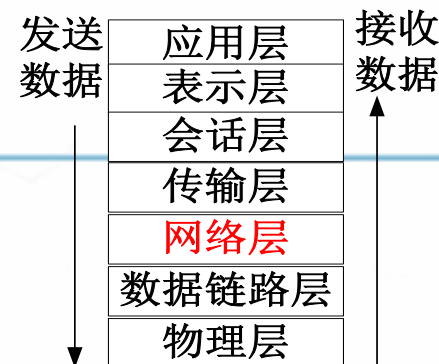
- ➔ 高级数据链路控制规程HDLC (High Level Data Control Procedure)
- ➔ 点对点协议PPP (Point to Point Protocol)

● 主要设备：网桥 (Bridge)、(L2) 交换机 (Switch)

数据链路层的数据传输单元称为帧



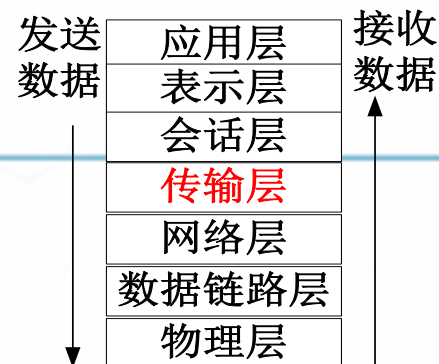
网络层



- 根据数据的目的地址，确定到目的网络的“最佳”路径，将数据路由到最终的目标主机
- 处理不同类型网络互连中存在的问题
- 主要协议
 - ➔ **ATM**: 发送数据之前需要在发送主机和接收主机之间建立虚电路连接（在物理层采用统计复用），数据单元为固定长度的信元，信元中携带虚电路标识，沿建立好的连接投递
 - ➔ **IP**: 发送数据之前不需要建立连接，数据单元称为分组，大小可变，分组中携带目标主机地址，可沿不同路径到达目的主机
- 主要设备：路由器、（L3）交换机



传输层



● 主要功能

- ➔ 向上层提供不同类型的传输服务，例如可靠的或者不可靠的
- ➔ 端到端（end-to-end），在两个端点的主机上运行，而不在中间路由器运行

物理层、数据链路层和网络层在网络中路由器上实现

➔ 两种类型的传输层服务

- 面向连接：在数据传输开始之前通过连接建立过程在两个端点之间协商参数（流量控制参数、最大传输单元等）
- 无连接：没有连接建立过程，直接发送数据

网络中处理传输层及传输层以上协议数据的设备通称为网关（Gateway）



会话层、表示层和应用层

- 会话层主要功能

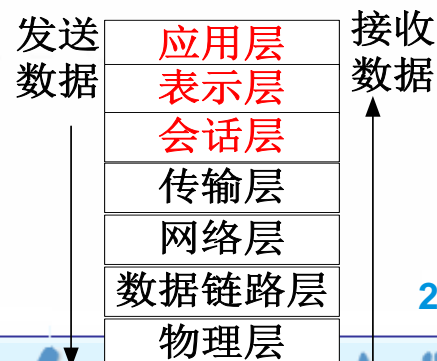
- ➔ 允许不同主机上的用户之间建立会话
- ➔ 会话通常是指各种服务，包括对话控制，记录该由哪一方来传输数据，令牌管理，禁止双方同时执行同一个关键操作，以及同步功能

- 表示层主要功能

- ➔ 控制数据格式，例如文本、视频、音频或者图像，确保来自发送主机的数据能够被接收主机理解
- ➔ 表示层还和数据加密和压缩相关

- 应用层主要功能

- ➔ 定义了满足各种应用需求的协议





2.3 OSI参考模型

OSI参考模型各层功能

(1) 物理层 (PH)

完成原始数据位流在物理介质上传输，而不管位流的信息含义。

(2) 数据链路层 (DL)

完成数据帧在相邻的结点间“透明”传输。

(3) 网络层 (N)

完成报文分组在源/目的结点之间传输。

(4) 传输层 (T)

完成报文段在源/目的主机进程之间的传输。

(5) 会话层 (S)

进行会话管理，包括通信方向控制（单工，半双工，全双工），谁是发送者？谁是接收者？谁付费？故障点恢复等。



2.3 OSI参考模型

(6) 表示层 (P)

数据格式转化、数据加密/解密、数据压缩/解压。

(7) 应用层 (A)

为用户提供各种网络服务，包括文件服务，电子邮件服务，数据库服务，WWW，DNS等。



2.4 Internet 参考模型

- Internet参考模型中两个核心协议为TCP和IP协议，所以Internet参考模型也称为TCP/IP参考模型。
- OSI和Internet参考模型的比较



Internet参考模型



OSI参考模型



2.4 Internet 参考模型

- **Internet**参考模型的应用层大体对应**OSI**的应用层、表示层和会话层。该层协议主要包括:
 - **FTP**（文件传输协议）
 - **SMTP**（简单邮件传输协议）
 - **TELNET**（远程网络登陆协议）
 - **DNS**（域名服务）
 - **HTTP**（超文本传输协议）
 - **SNMP**（简单网络管理协议）
 -



2.4 Internet 参考模型

Internet参考模型的传输层对应OSI传输层。该层协议：

- **TCP**(传输控制协议, **Transmission Control Protocol**)
 - 可靠的、面向连接的传输协议
 - 将报文以字节流形式从源主机进程发到目的主机进程。
- **UDP**(用户数据报协议, **User Datagram protocol**)
 - 不可靠的、非面向连接的传输协议。

● Internet参考模型的互连网层对应OSI网络层。该层协议：

- **IP**(**Internet Protocol**)
 - IP是Internet 参考模型的核心协议。
 - 将IP分组以数据报方式从源主机发送到目的主机。



2.4 Internet 参考模型

- Internet参考模型的子网层大体上对应OSI的物理层和数据链路层。
 - Internet参考模型的子网层是开放的,该层协议主要有:
 - 以太网协议(802.3)
 - FDDI
 - PPP
 - SLIP
 - Token Bus (802.4)
 - Token Ring (802.5)
 - 百兆, 千兆, 万兆以太网



小结

TCP/IP协议栈

应用层 HTTP, FTP, SMTP, DNS, Telnet, ...
传输层 TCP, UDP
网络层 IP
子网层（数据链路层+物理层） PPP, Ethernet, Token ring, Token Bus, ...