

Lecture 1: 知识 - 计算机网络概述

计算机网络概述

概述： 计算机网络与互联网

- 计算机网络：
 - 简称网络；
 - 由若干结点和连接这些结点的链路组成，网络中的结点可以是计算机、集线器、交换机或路由器等；
- 互联网：
 - 网络之间可以通过路由器互连，构成一个覆盖范围更广的计算机网络，这样的网络称为互连网 (internet)；
- 关系：
 - 网络把许多计算机连在一起，而互连网则把许多网络通过路由器连在一起；

差别： `internet` 和 `Internet`

- `internet`：
 - 互联网；
 - 是一个通用名词，泛指由多个计算机网络互连而成的计算机网络；
 - 在这些网络之间可以**使用任意的通信协议**作为通信规则，不一定非要使用 TCP/IP 协议；
- `Internet`
 - 互联网或因特网；
 - 是一个专用名词，指当前全球最大的、开放的、由众多网络和路由器互连而成的特定计算机网络，它采用 `TCP/IP` 协议族作为通信规则；

计算机网络的组成

观点一： 组成部分

- 构成：
 - 硬件
 - 软件
 - 协议
- 硬件：
 - 主机 (也称端系统)；
 - 通信链路 (如双绞线、光纤)；
 - 交换设备 (如路由器、交换机等)；
 - 通信处理机 (如网卡)
- 软件：
 - 主要包括各种实现资源共享的软件和方便用户使用的各种工具软件；
- 协议：

- 是计算机网络的核心；
- 规定了网络传输数据时所遵循的规范；

观点二：工作方式

- 构成：
 - 边缘部分
 - 核心部分；
- 边缘部分：
 - 概念：
 - 由所有连接到互联网上的供**用户直接使用的主机**组成；
 - 作用：
 - 用来进行通信（如传输数据、音频或视频）和资源共享；
- 核心部分：
 - 概念：
 - 大量**网络**和连接这些网络的**路由器**组成；
 - 作用：
 - 它为边缘部分提供**连通性和交换服务**；

观点三：功能组成

- 构成：
 - 通信子网；
 - 资源子网；
- 通信子网：
 - 概念：
 - 各种传输介质、通信设备和相应的网络协议组成；
 - 作用：
 - 它使网络具有**数据传输、交换、控制和存储**的能力，实现联网计算机之间的数据通信；
- 资源子网：
 - 概念：
 - 是实现资源共享功能的**设备及其软件的集合**；
 - 作用：
 - 向网络用户提供共享其他计算机上的硬件资源、软件资源和数据资源的**服务**；

计算机网络的功能

功能一：数据通信

- 作用：实现计算机之间各种信息的传输，联系散布在不同地理位置的计算机，进行统一的调配、控制、管理；

功能二：资源共享

- 概念：可以是软件、硬件、数据共享；

- 作用：使得计算机网络中的资源互通有无、分工协作，提高资源利用率；

功能三：分布式处理

- 作用：当计算机网络中的某个计算机系统负荷过重时，可将其处理的某个复杂任务分配给网络中的其他计算机系统，从而利用空闲计算机资源来提高整个系统的利用率；

功能四：提高可靠性

- 概念：计算机网络中的各台计算机可以通过网络互为替代机；

功能五：负载均衡

- 概念：将工作任务均衡地分配给计算机网络中的各台计算机

三种交换

电路交换

概念：电路交换

- 概念：
 - 在进行数据传输前，两个结点之间必须先建立一条专用（双方独占）的**物理通信**路径；
 - 物理通信路径由通信双方之间的交换设备和链路逐段连接而成，该路径可能经过许多中间结点；
 - 在数据传输过程中，这一物理通信路径始终被**用户独占**，直到通信结束后才被释放；
- 过程：
 - 第一步：连接建立
 - 第二步：数据传输
 - 第三步：连接释放
- 举例：
 - 传统电话网；
- 特点
 - 优点：
 - 1. 通信时延小：因为通信线路为通信双方专用，数据直达，所以传输时延非常小；
 - 2. 有序传输：双方通信时按发送顺序传送数据，不存在失序问题；
 - 3. 没有冲突：不同的通信双方拥有不同的信道，不会出现争用物理信道的问题；
 - 4. 适用范围广：电路交换**既适用于传输模拟信号，又适用于传输数字信号**；
 - 5. 实时性强：通信双方之间的物理通路一旦建立，双方就可随时通信；
 - 6. 控制简单：电路交换的交换设备（交换机等）及控制均较简单；
 - 缺点：
 - 1. 建立连接时间长：电路交换的平均连接建立时间对计算机通信来说太长；
 - 2. 线路利用率低：物理通路被通信双方独占，即使线路空闲，也不能供其他用户使用；
 - 3. 灵活性差：物理通路中的**任何一点出现故障**，就必须重新拨号建立新的连接；

- 4. 难以规格化：不同类型、不同规格、不同速率的终端很难相互进行通信；
- 5. 难以实现差错控制：中间结点不具备存储和检验数据的能力，**无法发现并纠正错误** -> 无法保证无差错的传输；

报文交换

概述：报文交换

- 概念：
 - 数据交换的单位是报文；
 - 用户数据加上**源地址、目的地址**等信息后，封装成报文 (message) -> 最主要的缺点：报文大小没有限制；
- 实现：
 - 报文交换采用**存储转发技术**，整个报文先传送到相邻的结点，全部存储后查找转发表，转发到下一个结点，如此重复，直至到达目的结点；
 - 每个报文都可**单独选择**到达目的结点的路径；
- 特点
 - 优点：
 - 1. 无须建立连接：通信前无须建立连接，没有建立连接时延，用户可随时发送报文；
 - 2. 动态分配线路：交换设备存储整个报文后，选择一条合适的空闲线路，转发报文；
 - 3. 线路可靠性高：若某条传输路径发生故障，则可重新选择另一条路径传输数据；
 - 4. 线路利用率高：报文在哪段链路上传送时，才占用这段链路的通信资源；
 - 5. 提供多目标服务：一个报文可以**同时发送给多个目的地址**；
 - 缺点：
 - 1. 转发时延高：交换结点要将**报文整体接收完后**，才能查找转发表转发到下一个结点；
 - 2. 缓存开销大：**报文的大小没有限制**，这就要求交换结点拥有较大的缓存空间；
 - 3. 错误处理低效：报文较长时，发生错误的概率相对更大，重传整个报文的代价也很大；
- 分析：
 - 题目：
 - 湖科大模拟卷四

37.下列有关虚电路服务和数据报服务的四个选项，叙述正确的是（ ）。

- A. 虚电路服务的可靠通信应当由用户主机来保证
- B. 数据报服务必须建立网络层连接
- C. 属于同一条虚电路的每个分组可走不同的路由
- D. 数据报服务的分组到达终点不一定按发送顺序

• 解析：

- 有关虚电路服务于数据报服务的对比，如下表所示：

对比方面	虚电路服务	数据报服务
核心思想	可靠通信应当由网络自身来保证	可靠通信应当由用户主机来保证
连接	必须建立网络层连接	不需要建立网络层连接
目的地址	仅在连接建立阶段使用，之后每个分组使用短的虚电路号	每个分组都必须携带完整的目的地址
分组转发	属于同一条虚电路的分组均按同一路由进行转发	每个分组可走不同的路由
节点故障	所有通过出故障的节点的虚电路均不能工作	出故障的节点可能会丢失分组，一些路由可能会发生变化
分组顺序	总是按发送顺序到达目的主机	到达目的主机时不一定按发送顺序
服务质量	可以将通信资源提前分配给每一个虚电路，因此容易实现	很难实现

- 虚电路服务的可靠性由网络自身保证，因此 A 错误；
- 数据报服务不需要建立网络层连接，B 错误；
- 属于同一个虚电路的每个分组，均使用通用的虚电路号、走相同的路由进行转发；
- 数据报服务的分组到达不一定按照发送顺序；

分组交换

概述： 分组交换

• 引入：

- 分组交换也采用存储转发技术，但解决了报文交换中报文过长的问题；
- 若报文太长，则**对交换结点的缓存容量**就有很大的需求，在错误处理方面也比较低效；

• 实现：

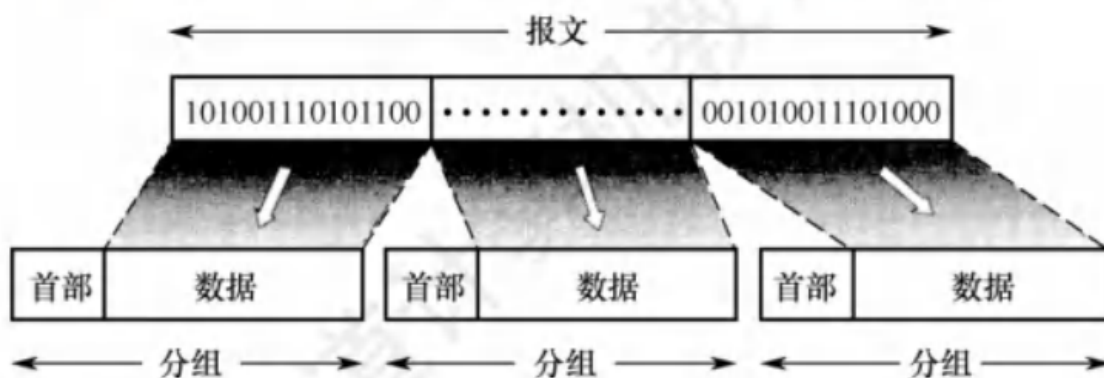
- 在源结点发送之前，先把**较长的报文划分成若干较小的等长数据段**；
- 在每个数据段前面添加一些由必要控制信息，如源地址、目的地址和编号信息等，组成的首部、构成分组（Packet）；

• 传输过程：

- 1. 源结点将分组发送到分组交换网中；
- 2. 分组交换网中的**分组交换机**收到一个分组后，先将其缓存，然后从其首部中提取目的地址，据此查找自己的转发表；
- 3. 找到下一个转发节点后，将分组转发给下一个分组交换机；

- 经过多个分组交换机的存储转发后，分组最终到达目的结点；

- 图示：



- 特点：

- 优点：

- 1. 无建立时延：通信前无须建立连接，没有建立连接时延，用户可随时发送分组；
- 2. 线路利用率高：分组在哪段链路上传送时才占用这段链路的通信资源，相比采用电路交换传送突发式的计算机数据，分组交换的通信线路利用率大大提高；
- 3. 简化了存储管理：因为分组的长度固定，相应缓冲区的大小也固定，在交换结点中存储器的管理通常被简化为对缓冲区的管理，相对比较容易；
- 4. **加速传输：**
 - 分组是逐个传输的，可以使后一个分组的存储操作与前一个分组的转发操作并行，这种**流水线方式减少了报文的传输时间**；
 - 传输一个分组比传输一次报文所需的缓冲区小得多，因缓冲区不足而等待发送的概率及时间必然也少得多；
- 5. 减小了出错概率和重发数据量：因为分组较短，其出错概率必然减小，所以每次重发的数据量也就大大减少，这样不仅提高了可靠性，而且减小了传输时延；

- 缺点：

- 1. 存在存储转发时延：尽管分组交换比报文交换的传输时延小，但相对于电路交换仍存在；
- 2. 需要传输额外的信息量：
 - 每个小数据段都要加上控制信息以构成分组，这使得传送的信息量增大了5%~10%，进而使得控制复杂，降低了通信效率，增大了处理的时延；
- 3. 数据失序：当分组交换网采用数据报服务时，可能出现失序、丢失或重复分组的情况，分组到达目的结点时，要对分组按编号进行排序等工作，这些工作很麻烦；

总结

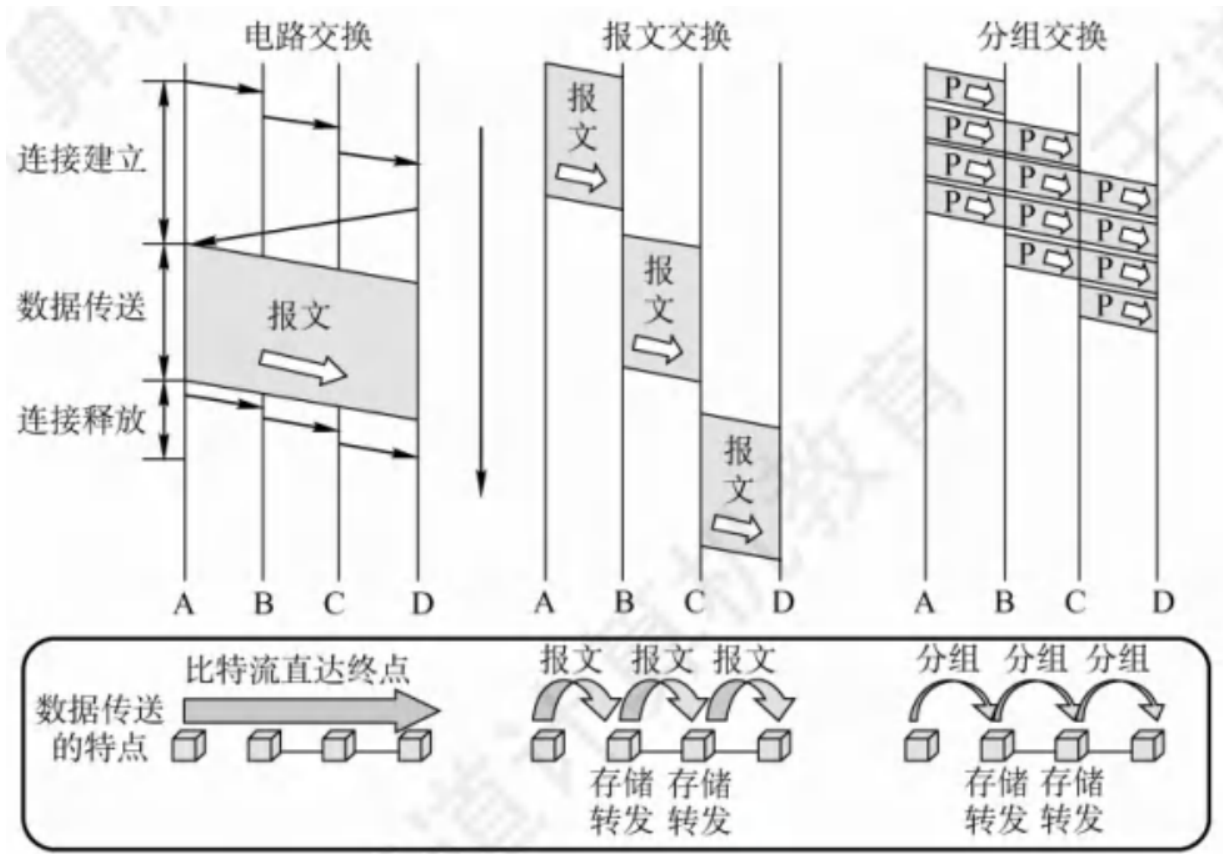
总结：三种交换

- 分析：

- 当要传送的数据量很大且其**传送时间远大于呼叫时间**时，采用电路交换较为合适；
- 当端到端的通路由多段链路组成时，采用分组交换传送数据较为合适；

- 从提高**整个网络**的信道利用率看，报文交换和分组交换优于电路交换，其中分组交换比报文的时延小，尤其适合计算机之间的突发式数据通信；

• 图示：



• 总结：

	电路交换	报文交换	分组交换
建立连接	需要	不需要	不需要
数据交换单位	比特流	报文	分组
传输方式	比特流直接到达	存储转发	存储转发
是否需要沿着规定路径	是		不是
分组按序到达	是		不是
优点	速度快 适用范围广 控制简单 避免冲突	无需建立连接 动态分配路线 可靠性高 线路利用率高 可提供多目标服务	加速传输 简化存储管理 减小出错或重发数据
缺点	建立连接麻烦 信道利用率低 缺乏灵活性 没有统一标准	存储转发导致时延 需要较大的存储空间	存储转发导致时延 工作量大，存在分组丢失风险

计算机网络的分类

按分布范围分类

广域网：WAN

• 作用：

- 提供长距离通信，运送主机所发送的数据，其覆盖范围通常是**直径为几十到几千千米的区域**；
- 概述：
 - 广域网是互联网的核心部分；
 - 连接广域网的各结点交换机的链路一般都是**高速链路**，具有较大的通信容量；

城域网：MAN

- 作用：
 - 城域网的覆盖范围可以跨越几个街区甚至整个城市，覆盖区域的直径为 **5~50 km**；
- 概述：
 - 城域网大多采用以太网技术，因此有时**也常并入局域网的范围讨论**；

局域网：LAN

- 作用：
 - 局域网一般**用主机通过高速线路**相连，覆盖范围较小，通常是直径为几十到几千米的区域；
- 概述：
 - 传统上局域网使用广播技术，而广域网使用交换技术；

个人区域网：PAN

- 概述：个人工作的地方将消费电子设备（如平板电脑、智能手机等）用**无线技术连接起来的网络**，也称无线个人区域网（WPAN）；

按传输技术分类

概念：广播式网络

- 概念：
 - 所有联网计算机都**共享一个公共通信信道**；
 - 当一台计算机利用共享通信信道发送报文分组时，所有其他计算机都会“收听”到这个分组；
 - 接收到该分组的计算机将通过检查目的地址来决定是否接收该分组；
- 应用：
 - 1. **局域网**基本上都采用广播式通信技术；
 - 2. 广域网中的无线、卫星通信网络也采用广播式通信技术；

按拓扑结构分类

概述：按拓扑结构分类

- 概念：
 - 网络拓扑结构是指由网中结点（路由器、主机等）与通信线路之间的几何关系表示的网络结构，主要指通信子网的拓扑结构；
- 分类：

- 总线形：用单根传输线把计算机连接起来
 - 优点：建网容易、增/减结点方便、节省线路；
 - 缺点：重负载时通信效率不高、**总线任意一处对故障敏感**；
- 星形：每个终端或计算机都以单独的线路与中央设备相连
 - 优点：便于集中控制和管理；
 - 缺点：成本高、**中央设备对故障敏感**；
- 环形：所有计算机接口设备连接成一个环
 - 所有计算机接口设备连接成一个环；
 - 环形网络最典型的例子是令牌环局域网，环既可以是单环、又可以是双环；
 - 注意：**环中信号是单向传输的**；
- 网状网络：每个结点至少要有两条路径与其他结点相连
 - 优点：可靠性高；
 - 缺点：控制复杂，线路成本高；
- 应用：
 - 星形、总线形和环形网络多用于局域网；
 - 网状网络多用于广域网；

计算机网络性能指标

速率：数据传输速率

- 概念：连接到网络上的结点在数字信道上传送数据的速率
- 名称：数据传输速率、数据传输率、数据率或比特率
- 单位：比特/秒、`bits/s`、`kb/s`

带宽：最高数据传输速率

- 概念：网络中 **通信线路** 所能传送数据的能力，是数字信道所能传送的“**最高数据传输速率**”
- 单位：比特/秒、`bits/s` $\rightarrow$ `b/s`

吞吐量：单位时间内，通过某个网络（或信道、接口）的 **实际数据量**

时延：数据（一个报文或分组）从网络的一端传送到另一端所需的总时间

- 时延构成：
 - 公式：

$$\text{时延} = \text{发送时延} + \text{传播时延} + \text{处理时延} + \text{排队时延}$$

- 注意：处理时延和排队时延通常占比较小；
- 发送时延：
 - 概念：
 - 也称传输时延，结点将分组的所有比特**推向链路**所需的时间；
 - 组成：
 - 从发送分组的第一个比特算起，到该分组的最后一个比特发送完毕所需的时间；
 - 公式：

$$\text{发送时延} = \frac{\text{分组长度}}{\text{发送速率}}$$

- 传播时延：
 - 概念：
 - 电磁波在信道（传输介质）中传播一定的距离所花的时间；
 - 组成：
 - 即一个比特从链路的一端传播到另一端所需的时间 -> 是两台路由器之间的函数，和分组的长度或者链路的传输速率无关；
 - 公式：

$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度}}{\text{电磁波在信道上的传输速率}}$$

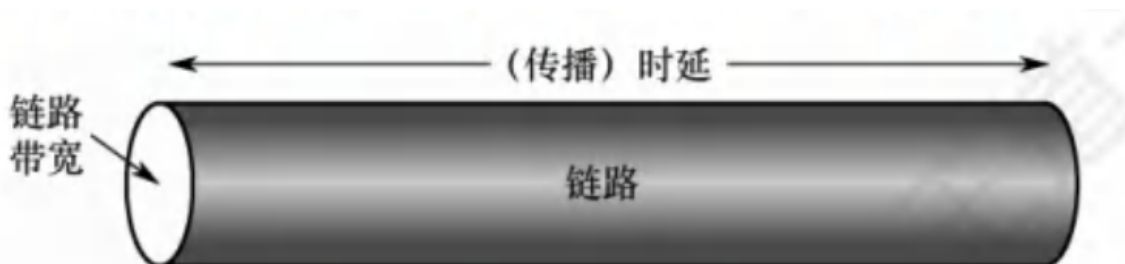
- 处理时延：
 - 概念：
 - 数据在交换结点为存储转发而进行的一些必要处理所花的时间；
 - 组成：
 - 分析分组的首部、从分组中提取数据、差错检验或查找合适的路由；
- 排队时延：
 - 概念：
 - 分组在进入路由器后要先在输入队列中排队等待处理，路由器确定转发端口后、还要在输出队列中排队等待转发；

时延带宽积：发送端发送的第一个比特即将到达终点时，发送端已发出了多少比特

- 名称：
 - 又称以比特为单位的链路长度；
- 意义：
 - 时延带宽积表示管道可以容纳的比特数量；
 - 可以用 $\text{时延带宽积} / \text{传播时延}$ 计算得到 信道带宽
- 公式：

$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} * \text{信道带宽}$$

- 图示：



往返时延：RTT，从发送端发出一个短分组，到发送端收到来自接收端的确认（接收端收到数据后立即发送确认）总共经历的时延；

- 组成：在互联网中，往返时延还包括各中间结点的处理时延、排队时延及转发数据时的发送时延；

信道利用率：指出某个信道有百分之多少的时间是有数据通过的

- 公式：

$$\text{信道利用率} = \frac{\text{有数据通过时间}}{(\text{有} + \text{无})\text{数据通过时间}}$$

补充：同步与异步传输

- 同步通信的通信双方必须先建立同步，即双方的通信始终要调整到同一个频率。双方不停的发送和接受连续的同步比特流；
- 异步通信在发送字符时，字符之间的时间间隔可以是任意的。发送端可以在任意时刻发送数据，但接收端必须时刻做好接受的准备。所以必须在字符的起始和终止位置加上标识符；