

计算机网络概述

Internet

具体构成

节点

主机/应用程序/路由/交换机

边：通信链路

接入网链路：接入Internet

主干链路：路由器间的链路

协议

- TCP：传输控制协议
- IP：互联网协议
- HTTP：超文本传输协议
- FTP：文件传输协议
- PPP：点对点协议

三要素

- 语法：规定传输数据的格式（如何讲）
- 语义：规定所要完成的功能（讲什么）
- 时序：规定各种操作的顺序（双方讲话的顺序）

网络协议的设计目的

- 可靠性
- 资源分配
- 拥塞问题
- 自适应问题
- 安全问题

服务描述

使用通信设施进行通信的分布式应用

通信基础设施为app提供接口

网络结构

网络边缘

- 端系统（主机）
- 客户/服务器模式（C/S）
- 对等模式（Peer-peer）

TCP服务

- 可靠，按顺序传输数据
 - 流量控制
 - 拥塞控制
- 相关应用：HTTP(web)，Telnet，SMTP

UDP服务

- 无连接
 - 不可靠数据传输
 - 无流量控制
 - 无拥塞控制
- 相关应用：流媒体，远程会议，DNS，Internet电话

网络核心

指的是**路由器的网状网络**

互联着的路由器、网络的网络

两大功能：**路由，转发**

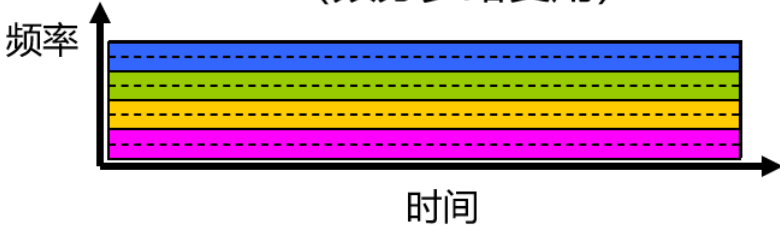

电路交换

预留一条专用电路，独享资源

电路交换是**面向连接的**

网络资源被分成**片**

- 频分

- 4个用户
■ ■ ■ ■
- FDM (频分多路复用)**
- 
- - 时分
- TDM (时分多路复用)**
- 
- - 波分
 - 波分复用WDM是将两种或多种不同波长的光载波信号在发送端经复用器汇合在一起，并耦合到光线路的同一根光纤中进行传输的技术（了解）

三个阶段

- 建立连接：建立一条物理通路
- 通信：主叫和被叫方能够互相通电话
- 释放连接：释放刚才占用的物理通路

相关计算

在一个电路交换网上，从主机A向主机B发送640000比特的文件要多长的时间

- 所有的链路速率为1.538Mbps
- 每条链路使用时隙数为24的TDM（时分复用）
- 建立端到端的电路需要500ms

每条链路的速率为：1.538Mbps/24=64kbps

传输时间为：640ks/64kbps = 10s

总共时间：500ms + 10s = 10.5s

电路交换不适合计算机之间通信的原因

- 建立连接时间长
- 计算机之间的通信具有突发性，浪费片较多

分组交换

将要传输的数据分为一个个单位

每段都采用链路的**最大传输能力**

对于多设备使用交换机来动态分配传输线路资源

按组为单位采用**存储-转发**方式（延迟比线路交换要大）

资源共享，按需使用

同样的网络资源，分组交换允许更多的用户使用资源

排队延迟和丢失

若到达速率>链路的输出速率，则分组将会**排队，等待传输**

如果路由器的缓存用完，后来的分组将会被**抛弃**

网络分类

数据报网络

- 在通信之前无需建立一个连接
- 通过分组的**目标地址决定下一跳**
- 在不同阶段，**路由可以改变**
- 类似于问路
- Internet

虚电路网络

- 每个分组都带有标签，**通过标签决定下一跳**
- 在呼叫建立时决定路径，在整个呼叫中**路径保持不变**
- 路由器维持每个呼叫的状态信息

报文交换

以报文作为单位进行传输

三种交换的比较

- 电路交换需要建立连接并预留资源，难以实现灵活复用
- 报文交换和分组交换较灵活，抗毁性高，在传送**突发数据**时可提高网络利用率

- v由于分组长度小于报文长度，分组交换比报文交换的**时延小**，也具有更好的**灵活性**

接入网、物理媒体

目的：将主机连接到边缘路由器

有线或无线通信链路

各种异构网络都是通过边缘路由器接入的

住宅接入 (modem)

将上网信号**调制**加载到音频信号上，在电话线上传输，接受时**解调**

数字用户线 (DSL)

语音和数据可以**同时传输**

上下行速率不对称，24-52 Mbps下行速率，3.5-16 Mbps上行速率

同轴电缆 (Cable)

通过有线电视信号线接入上网

多个家庭共享有线电视的头端

上下行速率不对称，高达40 Mbps–1.2 Gbps下行传输速率，30-100 Mbps上行传输速率

光纤到户 (FTTH)

无线接入

- 无线局域网 (WLAN)
- 广域蜂窝接入网

物理介质

光纤

高速点对点传输 (10-100 Gbps以上)

低误码率：中继器相距很远，对电磁噪声免疫

双绞线和同轴电缆

双绞线：两根绝缘铜线互相缠绕为一对

- 电话线为1对双绞线
- 网线为4对双绞线，广泛用于计算机网络（以太网）双向传输
- 5类线：100 Mbps~1 Gbps
- 6类线：10Gbps

同轴电缆：两根同心铜导线，双向传输

- 电缆上的多个频率通道
- 带宽可达100Mbps

Internet结构

网络的网络

端系统通过接入ISP（Internet Service Provider）连接到互联网。

每个ISP直接相连不可扩展

内容提供商网络：内容提供商构建自己的网络，向用户提供更好的服务，减少运营支出

结构

第一层ISP：国家/国际覆盖，速率极高

第二层ISP：接入第一层ISP，区域ISP

第三层ISP：本地ISP，离端系统最近

ISP之间的连接

- POP：高层ISP面向客户的接入点
- 对等接入：2个ISP对等接入
- IXP：多个ISP互通

计算机网络度量单位

比特率

- 主机在数字信道上传送数据的速率，也称数据率
- 比特率的单位是b/s(比特每秒)，也可以写为bps, (bit per second)，或kbit/s、Mbit/s、Gbit/s等

带宽

- 网络中某通道传送数据的能力，即单位时间内网络中的某信道所能通过的“最高数据率”

- 单位是 bit/s, 即 “比特每秒”

包转发率 (PPS)

- 全称是Packet Per Second(包/秒), 表示交换机或路由器等网络设备以包为单位的转发速率
- 线速转发: 交换机端口在满负载的情况下, 对帧进行转发时能够达到该端口线路的最高速度 (大包更容易实现线速转发)

时延(Delay)

- **时延** (delay 或 latency) 是指数据 (一个报文或分组) 从网络 (或链路) 的一端传送到另一端所需的时间, 也称为**延迟**
- **传输时延**(transmission delay): 数据从结点进入到传输媒介所需要的时间, 传输时延又称为**发送时延**
- **传播时延**(propagation delay): 电磁波在信道中需要传播一定距离而花费的时间
- **处理时延**(processing delay): 主机或路由器在收到分组时, 为处理分组 (例如分析首部、提取数据、差错检验或查找路由) 所花费的时间
- **排队时延**(queueing delay): 分组在路由器输入输出队列中排队等待处理所经历的时延

四种分组延时

- 节点处理延时
 - 微妙级别
- 排队延时
 - 取决于拥塞程度
- 传输延时
 - 计算: $T=L/R$, L 为分组长度, R 为链路带宽
 - 微妙级别
- 传播延时
 - 计算: $T=d/s$, d 为物理链路长度, s 为媒介的传播速度
 - 几微妙到几百毫秒

节点延时

节点延时 = 处理延时 + 排队延时 + 传输延时 + 传播延时

流量强度

$\lambda a/R$, L 为分组长度, R 为链路带宽, a 为分组到达队列的平均速率

流量强度越大, 延时越大, 当流量强度大于1时排队延时将会趋于无穷大

注意：对于高速网络链路，我们提高的仅仅是数据的发送速率而不是比特在链路上的传播速率。是提高链路带宽减小了数据的发送时延。

往返时延 (RTT)

定义：从发送方发送数据开始，到发送方收到来自接收方的确认，经历的**总时间**

时延带宽积

时延带宽积 = 传播时延 * 带宽，即按比特计数的链路长度

吞吐量

单位时间内通过某个网络(或信道、接口)的数据量，单位是 b/s

有效吞吐量

单位时间内，目的地**正确接收**到的有用信息的数目（以 bit 为单位）

吞吐率

发送和接收者之间数据传输的速率

协议层次和服务模型

协议分层结构

- 层次栈
 - 为了降低网络设计的复杂性，网络使用层次结构的协议栈，每一层都使用下一层提供的服务。并且为上一层提供服务
- 对等实体
 - 不同机器上构成相应层次的实体成为对等实体
- 接口
 - 每一对相邻层级之间是接口；接口定义了下层向上层提供哪些服务原语
- 网络体系结构
 - 层和协议的集合
 - 每一层的协议称为协议栈

分层有利于**简化处理**和**维护**

服务和访问点

服务：低层实体向上层实体提供他们之间的通信的能力

原语：高层使用低层提供的服务和低层向高层提供服务都是通过服务访问原语完成的

服务访问点（SAP）：上层使用下层提供的服务通过层间的接口

服务的类型

面向连接的服务

实现过程：**建立连接，通信，拆除连接**

适用于大的数据块传输，不是适用于小的零星报文的传输

特点：保序

无连接的服务

特点：不可靠，可能重复，可能失序

适用于零星的数据

服务与协议的关系

协议是“水平”的，服务是“垂直”的

实体使用**协议**来实现其定义的服务

上层实体通过接口使用下层实体的**服务**

OSI七层模型

应用层 Application Layer
表示层 Presentation Layer
会话层 Session Layer
传输层 Transport Layer
网络层 Network Layer
数据链路层 Data Link Layer
物理层 Physical Layer

物理层

定义如何在信道上传输

数据链路层

实现相邻实体间的数据传输

成帧：从物理层的比特流中提取出完整的帧

错误检测与纠正：为提供可靠数据通信提供可能

提供**流量控制**和**共享信道上的访问控制**

网络层

将数据包跨越网络从源**设备**发送到目的**设备**

路由：在网络中选取从源端到目的端转发路径，常常会根据网络可达性动态选取最佳路径，也可以使用静态路由

服务质量控制：处理网络拥塞、负载均衡、准入控制、保障延迟

传输层

将数据从源**端口**发送到目的**端口**

传输层为终端用户提供端到端的数据传输控制

两类模式：可靠的传输模式，或不可靠传输模式

会话层

利用传输层提供的服务，在应用程序之间建立和维持会话，并能使会话获得同步

表示层

关注所传递信息的语法和语义，管理数据的表示方法，传输的数据结构

应用层

通过应用层协议，提供应用程序便捷的网络服务调用

TCP/IP参考模型

端对端原则：采用聪明终端&简单网络，由端系统负责丢失恢复等，简单的网络大大提升了可扩展性

实现了建立在简单的、不可靠部件上的可靠系统

IP分组交换的特点：

- 可在各种底层物理网络上运行
- 可支持各类上层应用
- 每个IP分组携带各自的目的地址，网络核心功能简单（通过路由表转发分组），适应爆炸性增长

链路层

描述了为满足无连接的互联网络层需求，链路必须具备的功能

互联网层

允许主机将数据包注入网络，让这些数据包独立的传输至目的地，并定义了数据包格式和协议（IPv4协议和IPv6协议）

传输层

允许源主机与目标主机上的对等实体，进行端到端的数据传输：TCP，UDP

应用层

传输层之上的所有高层协议：DNS、HTTP、FTP、SMTP...

OSI和TCP/IP模型的比较

OSI的不足

- 从未真正被实现
 - TCP/IP已成为事实标准，OSI缺少厂家支持
- 技术实现糟糕
 - OSI分层欠缺技术考虑：会话层、表示层很少内容；数据链路层、网络层内容繁杂。模型和协议过于复杂
 - 分层间功能重复：差错控制、流量控制等在不同层反复出现
- 非技术因素
 - TCP/IP实现为UNIX一部分，免费
 - OSI被认为是政府和机构的强加标准

TCP/IP模型的不足

- 核心概念未能体现
 - 未明确区分服务、接口和协议等核心概念
- 不具备通用性

- 不适于描述TCP/IP之外的其它协议栈
- 混用接口与分层的设计
 - 链路层和物理层一起被定义为网络接口层，而非真正意思上的分层
- 模型欠缺完整性
 - 未包含物理层与数据链路层
 - 物理层与数据链路层是至关重要的部分

各层次协议数据单元

- 应用层：报文 (message)
- 传输层：报文段 (segment)
- 网络层：
 - 面向连接：分组 (packet)
 - 无连接方式：数据报 (datagram)
- 数据链路层：帧 (frame)
- 物理层：位 (bit)