

第1章 计算机网络基础知识

2019年4月11日 12:29

♥ 计算机网络定义

计算机网络是指把若干台地理位置不同且具有独立功能的计算机，通过通信设备和线路互相连接起来，在相应软件(网络操作系统、网络协议、网络通信、管理和应用软件等)支持下以实现信息传输和资源共享的一种信息系统。

自主计算机的互联集合

♥ 计算机网络功能

- 数据通信：提供电子邮件、IP电话等信息交换；
- 资源共享：方便用户共享分散在各地的有用信息数据；共享网络上软件，节省软件费用；共享网络上费用昂贵的硬件设备；
- 分布式数据处理和负荷均衡
- 提高可靠性：网络上计算机可以互为后备；可从网络上不同路径访问所需计算机，提高可靠性。

计算机网络与电信网的区别

	计算机网络	电信网络
面向的应用	任意应用	主要是语音
终端	复杂	简单
网络	简单	复杂
发展形式	自由发展	统一规划
运行方式	自动配置	人工配置

♥ 计算机网络的拓扑结构

从拓扑学上看，计算机网络是由一组结点和链路组成。网络中结点与通信线路之间的几何关系反映网络中各实体间的结构。

- **总线形**
简单灵活, 可靠性高, 网络响应速度快, 设备量少、价格低、安装使用方便, **信道利用率高**, 便于广播式工作, 总线的故障对系统是毁灭性的。
- **环形**
结构简单, 传输延时确定。环中结点间的通信线路会成为网络可靠性的瓶颈。环中任何一个结点出现线路故障, 都可能造成网络瘫痪。为保证环的正常工作, 需要较**复杂**的**环维护处理**。环结点的加入和撤出过程比较复杂。
- **星形**
目前多采用集线器或交换机作为中心结点。结构简单, 易于实现和管理。中心结点是全网可靠性的瓶颈, 中心结点的故障可能造成全网瘫痪。
- **树形**
为星型结构的扩展, 是一种分层网。不同层次的结点可是一台主机或一个网络。结构简单, 成本低, 结点扩充灵活, 寻找链路路径方便。不同层次的网络可采用不同技术来实现。除叶结点外, 任何结点或链路产生的故障会影响到整个网络。
- **网形**

可靠性高，任意两个结点间存在两条或以上的通信路径。扩充性好，易形成更大的网络。系统配置灵活，不同链路可使用不同介质、传输速率和方式。结构和控制复杂，管理难度大，成本高，需使用路由选择算法。常用于广域网。

- **混合型**

混合型拓扑结构比较灵活，广域网中通常采用混合型拓扑结构。

♥ 计算机网络的分类

- **按通信介质**: 有线网络和无线网络
- **按传输技术**: 广播式网络和点到点式网络
- **按网络覆盖区域**:
 - 局域网 (LAN: Local Area Networks)
 - 城域网 (MAN: Metropolitan Area Networks)
 - 广域网 (WAN: Wide Area Networks)
- **按网络应用规模**: 因特网、内部网、外部网

范围由小到大: LAN、MAN、WAN

计算机网络工作模式

- C/S
 - 在客户端需要安装专门的客户端软件，需要针对不同的操作系统系统开发不同版本的软件。
 - 任何一台计算机出现问题，都需进行安装和维护。
 - 当系统软件升级时，每台客户机都需重新安装，维护和升级的成本非常高。
- B/S
 - 客户端不用安装专门的软件，一般只要有操作系统和浏览器就行。
 - 所有升级和维护的工作都在服务器上执行，不需对客户端进行任何改变，大大降低了开发和维护的成本。
 - B/S对安全的控制能力相对弱,适用于交互性要求较多，安全性要求不是很高的应用环境。

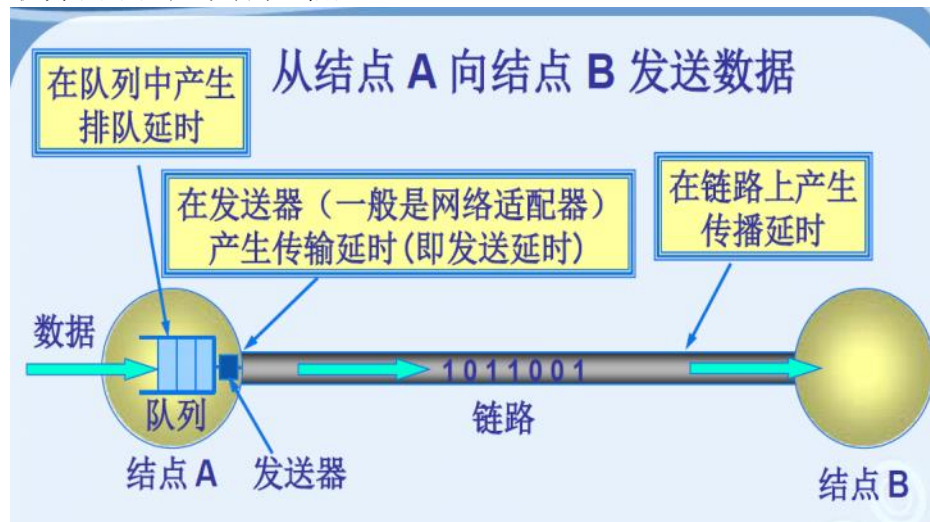
♥ 计算机网络的主要性能指标

- 带宽
- 延时
- 延时带宽积
- 往返延时RTT

♥ 端到端延时

- **传播延时**
取决于信道， $m/(m/s)$
- **传输延时**
发送延时， $bit/(bit/s)$ ，提高链路带宽减小传输延时，光纤信道的发送速率高。
- **排队延时**

取决于网络中当时的通信量



♥ 延时带宽积

链路的延时带宽积又称为以比特为单位的链路长度。

延时带宽积 = 传播延时 * 带宽

♥ 往返延时RTT

往返延时RTT (Round-Trip Time) 表示从发送端发送数据开始，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），总共经历的延时。是两方向的端到端延时之和。

♥ 数据通信

数据通信是指两台或两台以上的计算机之间以二进制的形式进行信息传输与交换的过程。

两个速率

• 码元速率

Baud, 波特率, 受信道带宽的限制, 误码率, 通过使用更好的传输介质来提高数据速率

• 数据速率

bit/s, 信息速率, 误信率, 通过使用先进的调制技术来提高数据速率

Nyquist准则 无噪

- 理想低通（无噪）信道的最高码元传输速率 = $2W$ Baud
- W 是理想低通信道的带宽, 单位为赫 (Hz)
- 每赫带宽的理想低通信道的最高码元传输速率是每秒 2 个码元。

香农公式 有噪

$$C = W \log_2(1+S/N) \text{ b/s}$$

- W 为信道的带宽 (以Hz为单位);
- S 为信道内所传信号的平均功率;
- N 为信道内部的高斯噪声功率;
- C 为信道的极限信息传输速率;

有线通信

• UTP

双绞线外无任何屏蔽层

类别	最低带宽 (MHz)	应用
CAT 1	1	小型机,终端,电话线
CAT 2	4	4 MB Token Ring
CAT 3	16	10MB Ethernet
CAT 4	20	16 MB Token Ring
CAT 5	100	100MB Ethernet
超5类	100	1000MB Ethernet
CAT 6	250	10GB Ethernet

- STP
屏蔽双绞线（STP）在双绞线和外皮之间增加了一个铝箔屏蔽层，用来减少干扰和串音，具有较高的数据传输速率。
- 同轴电缆
 - 50欧姆
 - 75欧姆
- 光纤
 - 多模光纤（短距离）
 - 单模光纤（长距离）

无线通信

- 微波
主要是直线传播，分为地面微波接力通信和卫星通信系统，传输距离长
- 红外线
主要用于短距离通信
- 激光
点对点通信，发送器和接收器必须精确校准，只传输数字信号

基带传输

局域网、短距离

频带传输

用户拨号上网、接收发送需要调制解调器

宽带传输

借助频带传输，它可将链路容量分解成两个或更多的信道，每个信道可以携带不同的信号、传输距离近100公里

同步传输效率高于异步传输

二进制数据转化为数字信号

- 非归零编码（Non-return to zero, NRZ）
- 曼彻斯特编码（Manchester），用在以太网
- 差分曼彻斯特编码（Difference Manchester），用在令牌环网

♥ 多路复用类型

- 频分多路复用FDM (Frequency Division Multiplexing)
- 时分多路复用TDM (Time Division Multiplexing)
每路数据总是使用每个TDM 帧的固定时隙
- 统计时分复用STDM (Statistical Time Division Multiplexing)
按需动态分配时隙，数据中需携带地址信息
- 波分复用WDM (Wavelength Division Multiplexing)
波长分复用，即光的频分复用
- 码分复用CDM(Code Division Multiplexing)

- Bit 1→自己的m bit码片序列；bit 0→自己码片序列的二进制反码
- 码片序列相互正交
- 各个用户的信号由不同的地址码序列来区分

♥ 数据交换技术

• 电路交换

需要建立一条临时的专用线路，经历三个阶段

- 电路建立阶段
- 数据传输阶段
- 电路拆除阶段

电路交换是面向连接的，适合大量数据的传输，建立连接时间长，线路利用率低（计算机数据的突发性）。

• 报文交换

以报文为单位传送，存储转发；线路利用率高，不适于实时通信或交互式通信，网络的延迟比较长。要求中间结点必须有路径选择以及较大的缓存。

• 分组交换

把长的报文分为若干个小的分组，以分组为单位进行与报文交换相同的方法进行传输。分组是规定了最大长度的数据单元，分组头部包含分组编号。

本质区别是路由

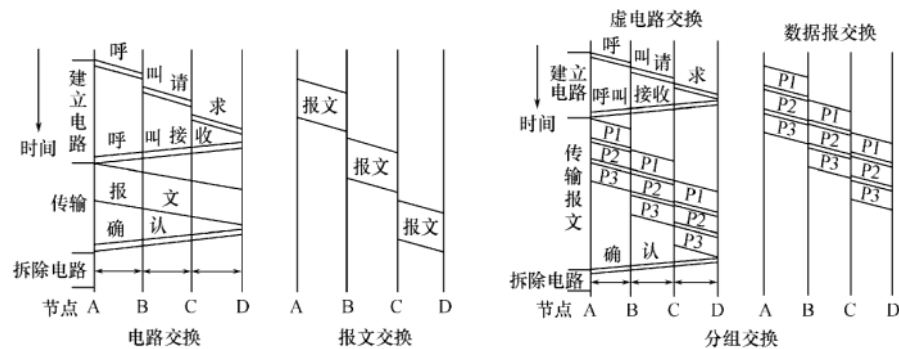
○ 数据报

每个分组独立进行路由选择，对故障有较强的适应能力，但时延较大，容易由于网络阻塞而丢失分组以及不能保证分组按序到达。

○ 虚电路

按序到达，所有分组通过事先建立好的逻辑电路顺序传送，节点制作差错检测，不做路由选择，根据虚电路号决定转发端口。

高效、灵活。迅速、可靠。



第2章 网络模型与协议

2019年4月11日 21:49

为什么采取分层模型

相互通信的两个计算机系统必须高度协调工作才行，而这种“协调”是相当复杂的。采用分层模型可以将庞大而复杂的问题转化为若干较小的易于研究和处理的局部问题来解决。

- 层次结构方法主要解决以下问题：
 - 网络应该具有哪些层次？每层的功能是什么？
 - ✓ 每一层的功能应当明确，而且相互独立。
 - ✓ 层数应适中，在进行层次划分时要考虑易于实现。若层数太少，就会使每一层的协议太复杂。层数太多又会在描述和综合各层功能的系统工程任务时遇到较多的困难。
 - 各层的关系是怎样的？它们如何进行交互？
 - ✓ 层间接口清晰简单，跨越层间接口的信息应尽量少
 - 通信双方的数据传输要遵循哪些规定？
 - ✓ 通信双方要遵守相应的协议

♥ 分层的好处

- **简化问题。**各层实现相对独立的功能。不需知道下一层是如何实现的，仅需知道该层通过层间接口所提供的服务。
- **灵活性好。**某层变化不会影响其他层。
- **结构上可分割开。**各层都可采用最适合的技术来实现。
- **促进标准化工作。**因为每层的功能和所提供的服务都有精确的说明。

♥ 实体

在网络层次结构中，每一层中的活动元素称为实体（entity），表示任何可发送或接收信息的软件进程或硬件

♥ 对等实体

位于不同系统上同一层中的实体

♥ 协议

控制两个对等实体进行通信的规则集合

♥ 协议

网络协议(network protocol)明确规定了操作的数据格式以及有关的规则，组成要素为：

- **语法：**数据与控制信息的结构或格式，即规定通信双方彼此之间“如何讲”；
- **语义：**对协议元素含义的解释，即规定通信双方彼此之间“讲什么”；
- **同步：**事件实现顺序的详细说明，即规定通信双方彼此之间的“应答关系”。

♥ 服务

第N层实体向第（N+1）层实体提供的在第N层上的通信能力称为第N层的服务。在协议的控制下，两个对等实体间的通信使得本层能够向上一层提供服务。要实现本层协议，还需使用下层所提供的服务

♥ 接口

相邻实体间的通信通过它们的边界进行，该边界称为相邻层间的接口（interface），它包括下面一层要向上层提供哪些服务，以及上面一层如何使用这些服务。

♥ 服务访问点SAP

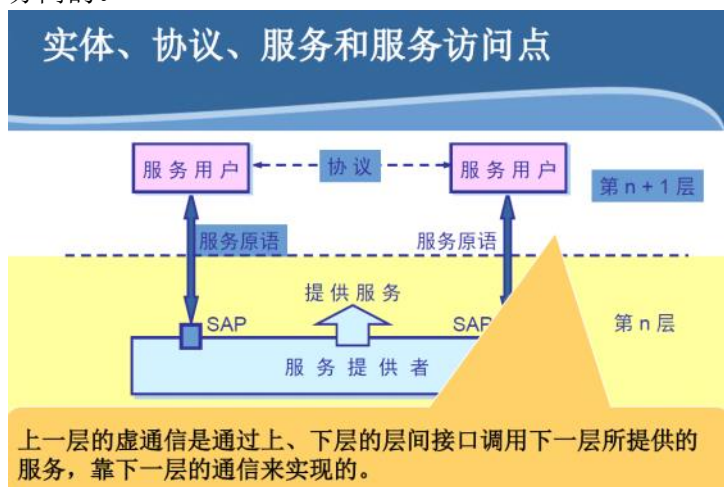
同一系统相邻两层的实体进行交互的地方，称为服务访问点SAP(Service Access Point)。

♥ 服务原语

上下层实体请求(提供) 服务所使用的形式规范语句称为服务原语。

♥ 实体、协议、服务和访问点

协议是“水平的”，服务是“垂直的”，下面的协议对上面的服务用户是“透明”的，协议与服务是分离的。



面向连接服务与无连接服务

- 面向连接服务(connection-oriented)
 - 与电话系统服务相类似
 - 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。
- 无连接服务(connectionless)
 - 与邮政系统服务相类似
 - 两个实体之间的通信不需要先建立好连接。
 - 通常是“**尽最大努力交付**”(best effort delivery)或“尽力而为”，但也可能有优先级等机制。

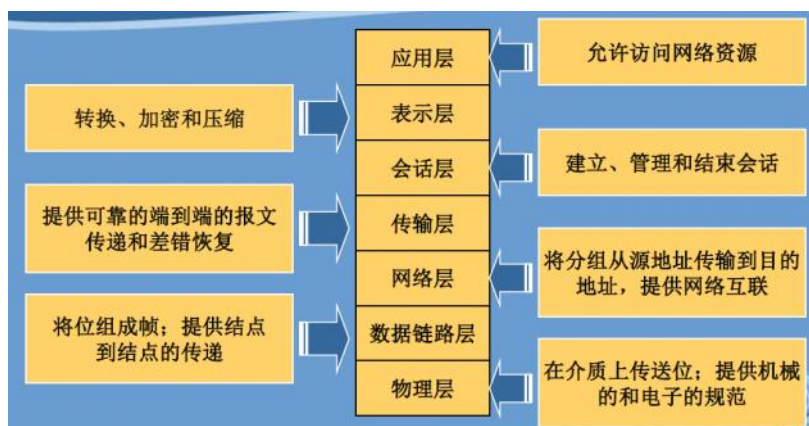
计算机网络体系结构

计算机网络的体系结构(architecture)是计算机网络的各层及其协议和层间接口构成的集合。实现(implementation)是遵循这种体系结构的前提下用何种硬件或软件完成这些功能的问题。

♥ OSI七层模型

- 物理层
 - 在传输媒体上传输比特流，向上层屏蔽物理设备和传输媒体的差异, 实现比特流的透明传输
 - 传输单位是bit
 - 定义硬件传输的特性, 用以建立（或激活）、维持和释放物理连接。
- 数据链路层
 - 通过校验、确认、反馈重发等手段实现结点到结点的可靠传输，为上层提供一条无差错的比特传输线路。
 - 传输单位是frame
 - 帧定界
 - 流量和差错控制
 - 介质访问控制（共享网络）
- 网络层
 - 提供不直接相连的源站和目标站间的数据传输服务。
 - 所传数据的单位是分组或包(packet)
 - 提供面向连接和无连接的服务
 - 路由选择

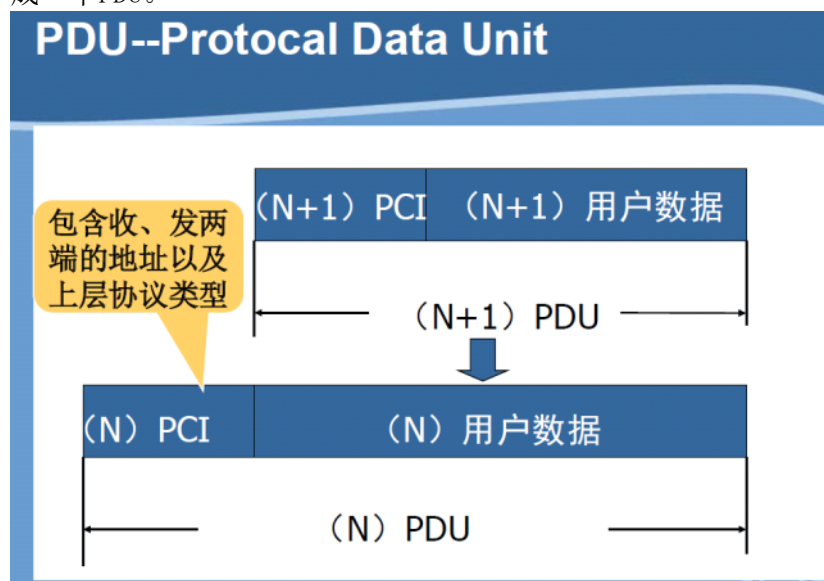
- 拥塞控制
- 分段和重组
- 网络互联
- **传输层**
 - 向高层屏蔽了下层数据通信的细节, 提供可靠的、透明的、端到端的数据传输、连接管理、错误恢复和流量控制。
 - 所传数据的单位是报文或报文段 (segment)。
 - 是端到端 (发送方和接收方的进程/应用程序) 的, 存在于端系统 (即主机) 之中。
 - 提供面向连接的通信服务。
 - 多路复用, 使多个通信进程同时进行网络通信。
 - 端一端差错控制和流量控制。
- **会话层**
 - 提供两个进程间建立、管理和结束会话连接的功能, 对数据的传送提供控制和管理。
 - 所传数据的单位是报文 (message)。
 - 提供控制信息的交互, 在半双工情况下, 提供数据权标来控制某一方何时有权。
 - 提供在数据流中“插入同步点”的机制, 使得数据传输因网络中断后可以仅重传最近一个同步点以后的数据。
- **表示层**
 - 向应用进程提供信息的语法表示, 对不同语法表示进行转换管理来保证不同计算机能相互“理解”。
 - 完成不同计算机间字符串、整数以及浮点数的数据表示方式的转换。例如, ASCII码和EBCDIC字符编码方式在这层实现。
 - 数据加密和解密。
 - 数据压缩和还原等。
- **应用层**
 - 提供面向最终网络用户的大量通信服务, 确定进程间通信的性质来满足用户不同的网络通信需求。
 - 面向特定应用, 比如文件传输, 远程作业运行, 电子邮件以及网络虚拟终端等。
 - 可能有两方参与, 也可能有多方参与。
 - 各种各样的应用层协议为人们提供了一个方便的网络应用环境。



PDU、SDU、PCI

- **PDU**
 - 根据每一层的协议在对等层之间交换的信息单元。(bit、frame、packet、segment、message、data)
- **PCI**
 - 第N层在接收到N+1层的SDU之后, 都要加入本层的协议控制信息PCI构成本层的PDU后才将数据传递给N-1层。
- **SDU**
 - 相邻层之间在提供服务的过程中传递的信息的基本单位就称为SDU。对下层而言, 上层的PDU就是SDU。

需要注意的是，在许多情况下，SDU加上PCI并不等于PDU。当第N层SDU较长而第N层协议规定的PDU较短时，就需要对第N层SDU进行分段处理和分段传送。当PDU所要求的长度比SDU大时，也可将几个SDU合并成一个PDU。



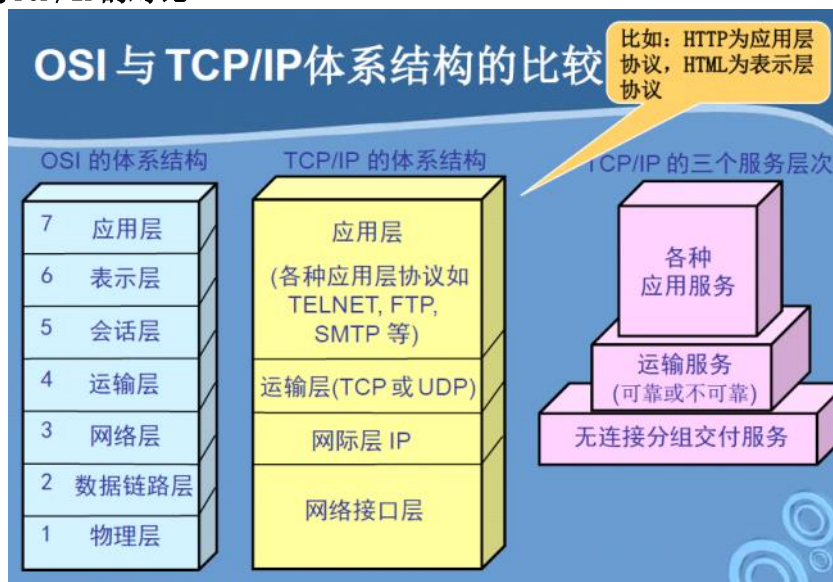
数据封装与解封装

OSI七层模型市场化失败原因

- 完成OSI 标准时没有商业驱动力；
- 实现起来过分复杂，且运行效率很低；
- 制定周期太长，因而使得按OSI 标准生产的设备无法及时进入市场；
- 有些功能在多个层次中重复出现。

TCP/IP参考模型

- 网络接口层
 - 参考模型的最低层，负责通过网络发送和接收IP数据报；
- 网际层
 - 也叫互联层、IP层，负责处理计算机之间的通信；
 - 相当OSI参考模型网络层的无连接网络服务；
 - 处理网络互连的路由选择、流控与拥塞问题；
 - IP协议是无连接的、提供“尽力而为”（Best-effort）服务的网络层协议。
- 传输层
 - 主要是实现端到端的通信。
 - 以端口的形式实现通信复用。
 - 提供面向连接的可靠的通信服务和无连接的不可靠的通信服务。
- 应用层
- 特点
 - 开放的网络协议簇
 - 与计算机硬件和操作系统无关
 - 与底层的通信子网平台无关
 - 提供统一的网络逻辑地址（IP地址）
 - 传输层协议提供可靠的端到端数据传输，可以屏蔽子网的差异
 - 应用层协议内容丰富
 - 先于OSI模型被提出



五层网络参考模型

物理层

♥ 数据链路层

- **链路**

又称物理链路，是一条无源的点到点的物理线路段，中间没有任何其他的交换结点。
- **物理层的问题以及数据链路层的作用**
 - 物理链路是有差错和不可靠的。
 - 物理设备之间可能存在传输速度不匹配的问题。
 - 数据链路层通过控制数据传输的数据链路协议，在不太可靠的物理链路上实现可靠的数据传输。
- 物理链路加上实现这些控制数据传输的协议的软、硬件就构成数据链路。一般通过适配器（网卡）和软硬件来实现这些协议，其都包括数据链路层和物理层这两层的功能。
- **主要功能**
 - **链路管理**：数据链路的建立、维持和释放。
 - **帧定界**：接收方能准确区分一帧的开始和结束。

一般使用标识F (Flag) 为01111110作为帧两端的界限来判断一帧的开始和结束。

当暂时没有信息传送时，可以连续发送标志字段，使收端可以一直和发端保持同步。
 - **透明传输**：能在链路上传输任意的比特流。

采用零比特填充法，在**发送端**，当一串比特流数据中有5个连续1时，就立即填入一个0。

在**接收端**时，先找到01111110字段以确定帧的边界。接着再对比特流进行扫描。每当发现5个连续1时，就将其后的一个0删除，以还原成原来的比特流。
 - **寻址**：保证每一帧都能送到目的站，接收方也知道发送方是哪个站。
 - **流量控制**：保证发送方发送数据的速率必须使接收方来得及接收。
 - 停-等流量控制
 - 滑动窗口流量控制
 - **差错检测**

循环冗余校验CRC

发送端：每组k个bit，数据M (110) 后添加n位冗余，除以 (n+1) 位的G，得到商Q和n位余数R，最终发送 (k+n) 位的 (2ⁿ*M+R)

接收端：对每一帧CRC检验，R=0则无错，R!=0则丢弃。
 - **差错控制**：负责重传丢弃的帧。

采用区别对待的方法（是否使用确认重传机制）

 - 对**通信质量好的有线传输链路**，数据链路层不使用确认和重传的机制，即不要求向上提供可靠的传输服务，若出现差错需要更正，则有高层协议（如传输层）来完成；

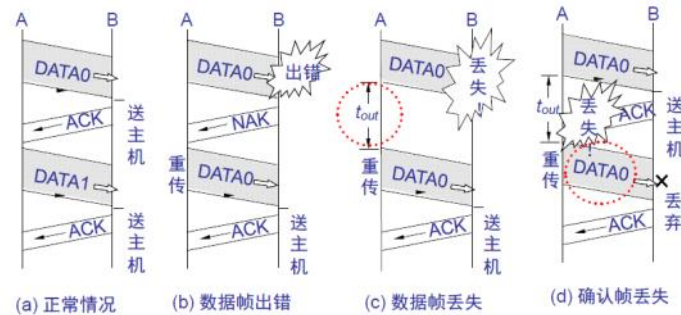
- 对通信质量差的无线传输链路，数据链路层使用确认和重传的机制，向上提供可靠的传输服务。

■ 编号区别重复帧

采用自动重复请求来实现差错控制（基于流量控制技术）

■ 停一等ARQ

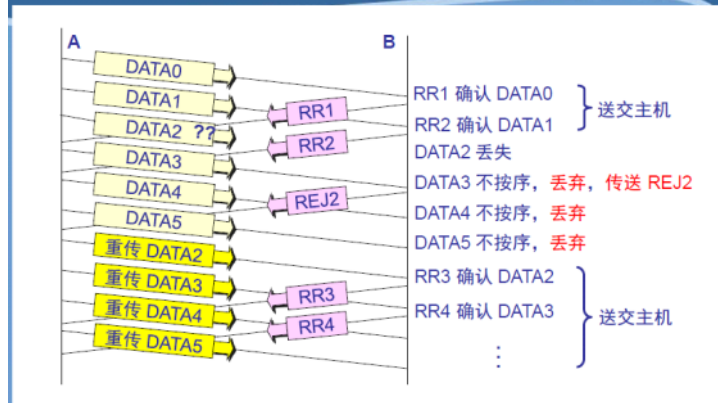
四种情况



■ 退回n（Go-Back-N）ARQ

稍带确定

Go-Back-N ARQ工作原理



■ 选择重发（Selective-Retransmit）ARQ

选择重传ARQ 协议可避免重复传送那些本来已经正确到达接收端的数据帧。

付出的代价是在接收端要设置具有相当容量的缓存空间，并且能把重传的帧插入到正确位置；发送站也需要复杂的逻辑功能使得可以不按顺序发送帧。

■ 三种协议的选择

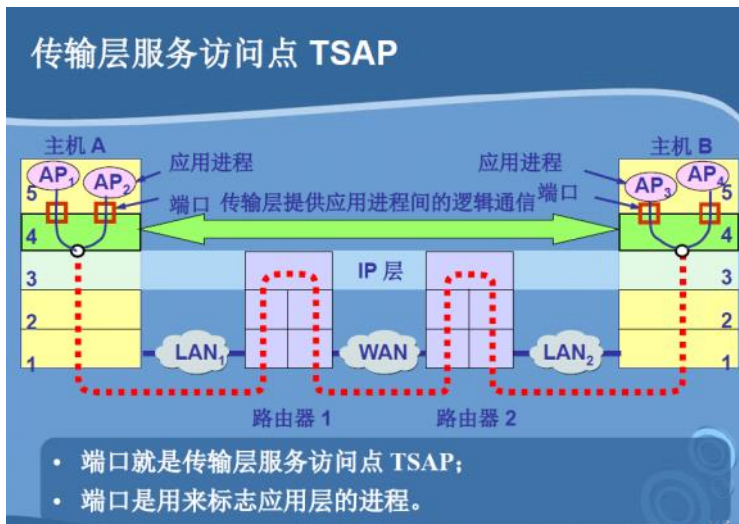
如果链路传播延迟较小，可以采用停止等待ARQ协议；

否则，如果链路错误率较低，可以采用退回nARQ 协议；

反之，则应采用选择重传ARQ协议。

网络层

传输层



应用层

- C/S
- P2P

HDLC协议

不用看

- HDLC基本特征
 - 站点类型
主站、次站、组合站
 - 链路结构
平衡链路结构 (ABM)、不平衡链路结构 (NRM、ARM)
 - 数据响应方式
正常响应方式NRM、异步响应方式ARM、异步平衡方式ABM

- HDLC帧结构

F A C info FCS F

- F: 01111110
- A: 全1地址为广播地址, 全0地址为无效地址
- C: I(0) S(10) U(11)

P/F: Poll/Final

S: Send

R: Receive

	1	2	3	4	5	6	7	8
信息帧(I)	0	N(S)			P/F	N(R)		
监督帧(S)	1	0	SS		P/F	N(R)		
无编号帧(U)	1	1	MM		P/F	MMM		

- FCS: 16位CRC (16/12/5/1)

- HDLC特点分析

- 使用统一的帧格式: 实现数据、命令和响应的传输, 实施起来方便;
- 采用 '0' 比特填充法: 使得协议可以支持任意组合的比特流传输, 保证了信息传输的透明性;
- 采用窗口机制和捎带应答, 并设置帧序号: 支持全双工工作方式, 允许在未收到确认的情况下, 连续发送多个帧, 提高了信息传输的效率;
- 采用帧校验序列: 可以提高信息传输的正确性和可靠性。

PPP(Point-to-Point Protocol)

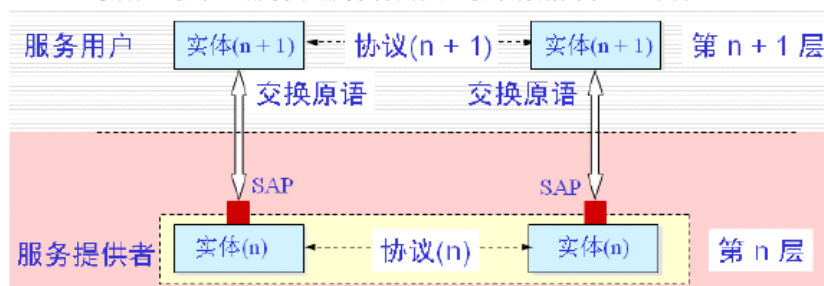
现在全世界使用最多的数据链路层协议是点对点协议PPP

二、网络模型与协议

理解：计算机分层工作的思想

掌握：

- 实体、协议、服务和访问点、协议数据单元、封装



- 计算机网络的体系结构（两种模型的对应关系）



- OSI 七层结构中每层的功能
- 重点是数据链路层的功能
 - 帧定界和透明传输：零比特填充
 - 差错检测：循环冗余校验码
 - 流量控制：滑动窗口
 - 差错控制：超时重发、编号、（捎带、累积）确认、发送窗口状态（连续 ARQ 协议）
 - 主要协议：HDLC 协议和 PPP 协议
- TCP/IP 体系结构中每层的协议

第3章 局域网技术

2019年4月14日 20:20

♥ 局域网的优点

1. 传输速率高
2. 误码率低
3. 共享传输信道
4. 管理方便
5. 价格低廉

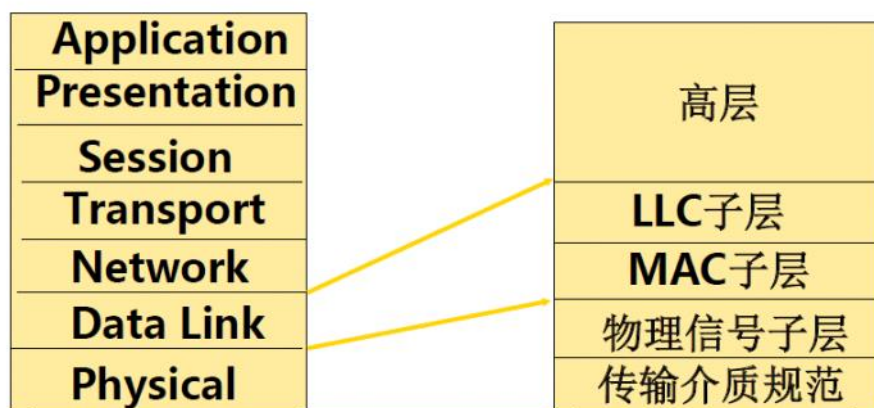
局域网的拓扑结构

1. 物理拓扑结构：各个组成部分的物理连接关系。
2. 逻辑拓扑结构：网络中信息流动的逻辑关系。
局域网的拓扑结构决定了局域网的工作原理和数据传输方式。

局域网的分类

- 决定局域网特性的主要技术有：
- a. 用于传输数据的传输介质；
 - b. 用以连接各种设备的拓扑结构；
 - c. 用以共享资源的介质访问方法。

IEEE 802参考模型与OSI模型的对应关系



OSI	IEEE 802			
较高层	802.1较高界面标准(系统结构和网络互联)			
数据链路层	802.2逻辑链路控制标准(LLC)			
	802.3 CSMA/C D	802.4 Token Bus	802.5 Token Ring	802.6 MAN
物理层	CSMA/C D介质	Token Bus 介质	Token Ring 介质	MAN介质

LLC子层的主要功能

- a. LLC子层由 IEEE 802.2定义

- b. 建立和释放数据链路层的逻辑连接。
- c. 向高层提供一个或多个服务访问点SAP的逻辑接口。
- d. 具有帧接收、发送及差错控制功能。
- e. 给LLC帧加上序号。

MAC子层的主要功能

- a. 与各种传输介质有关的问题都在MAC层处理。
- b. **实现数据帧的封装和解封装以及帧的差错检测**，发送信息时负责把LLC帧组装成带有地址和差校验段的MAC帧，接收数据时，对MAC帧进行拆卸，执行地址识别和差错校验。
- c. **实现和维护MAC协议**，以控制各站点对传输介质的访问。
- d. 介质访问控制协议主要分为两类：竞争型（CSMA/CD，IEEE 802.3）和确定型（令牌传递，IEEE 802.5）。

IEEE 802.11: 无线局域网标准 (WLAN)

以太网

CSMA/CD

? 为什么在发送过程中仍然要检测信道来判断是否发生冲突呢?

✓ 这主要是因为电磁波在总线上是以有限的速率传播的。发送方A向接收方B发出的信息，要经过一定的传播延时后才能传送到接收方B。B若在A发送的信息到达B之前发送自己的帧，则必然要在某个时间和A发送的帧发生冲突。因此，载波监听不能完全避免冲突，还需要在发送过程中进行冲突检测。

? 发送信息的站点需监听多长时间才能确信本次发送是成功的，是没有产生冲突的?

✓ 发送数据帧的站点，在发送数据后至多经过时间 2τ （两倍的端到端传播延时）就可知道发送的数据是否遭受冲突。以太网的端到端往返传播延时 2τ 称为争用期（ τ 一般取以太网中两个相距最远站点的延时）。

? 争用期（冲突窗口）长度是多少?

✓ 以太网取 $51.2 \mu s$ 为争用期的长度，对于10 Mb/s 以太网，在争用期内可发送512 bit，即64 字节。为了冲突检测，以太网规定**最短有效帧长为64字节**。同时也规定**最大有效帧长为1518字节**。（帧中数据字段有效长度为 $46B \sim 1500B$ ）

? 网络跨距（m）、传输速度（b/s）以及最小帧长（b）间的关系

✓ （电磁波信号在介质中的传播速度m/s）
 最小帧长（b）= 传输速度（b/s）* [网络跨距（m）/ 传播速度（m/s）]
 计算延时时要注意传输延时和传播延时一起计算。

? 为什么要设置帧间最小间隔?

帧间最小间隔为 $9.6 \mu s$ ，即一个站在检测到总线开始空闲后，还要等待 $9.6 \mu s$ 才能再次发送数据。这样做是为了使刚刚收到数据帧的站的接收缓存来得及清理，做好接收下一帧的准备。

继续发送若干比特的人为干扰信号来**加强冲突**，以便让所有站知道发生了冲突。然后发送数据的站采用某种**退避算法**来等待一段随机时间后再次发送数据。

CSMA/CD的帧发送过程 重点，解释

- 先听后发（载波监听）
- 边听边发（冲突检测）
- 冲突停止（强化冲突）
- 延迟重发（二进制指数退避算法）

CSMA/CD的帧接收过程

- **判断帧长**：当接收的数据帧长度小于最小帧限制（64byte）时，则认为是不完整的帧而将其丢弃。
- **检查地址**：如果不匹配，则说明不是发送给本结点的，而将其丢弃。
- **CRC校验**：如果CRC校验有错，则丢弃该帧。
- **帧长度校验**：接收到的帧必须是8位的整数倍，否则丢弃掉。
- **提交上层**：保留有效的数据帧，去掉帧头和帧尾后，将数据提交给上层。

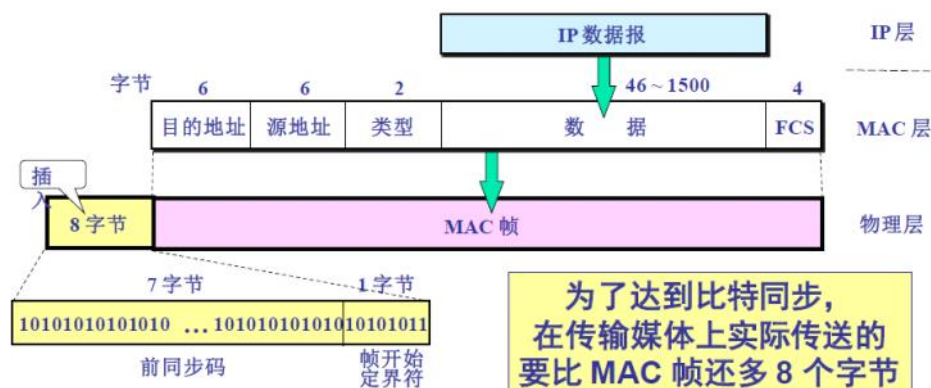
♥ 网卡的重要功能

网卡工作在物理层/链路层，主要功能是：

1. 进行串/并行转换。
2. 数据的封装与解封：发送时将上层数据加上首部和尾部构成以太网的帧。接收时将帧剥去首部和尾部，然后送交上一层。
3. 链路管理：主要是CSMA/CD协议的实现。
4. 编码与译码：即曼彻斯特编码与译码。

以太网V2的MAC帧格式

在帧的前面插入的8字节中的第一个字段共7个字节，是前同步码，用来迅速实现MAC帧的比特同步。
第二个字段是帧开始定界符，表示后面的信息就是MAC帧。



1. MAC地址（24位/IEEE分配+24位/3B/厂家指派）
2. 上一层使用的是什麼协议
3. 64/1518-首尾18字节
4. 当传输媒体的误码率为 $1e-8$ 时，MAC子层可使未检测到的差错小于 $1e-14$ 。

以太网的技术实现

以太网有四种不同的物理层，即10Base-5（粗缆）、10Base-2（细缆）、10Base-T（双绞线），10Base-F（光缆）：

- 数字“10”表示数据率是10Mbit/s。
- “Base”表示传输媒体上的信号是基带信号，采用曼彻斯特编码。
- 数字“5”或“2”表示每段电缆的最大长度为500m或200m（实际上是185m），“T”表示双绞线，“F”表示光缆。

? 什么是5-4-3规则，适用于哪些网络？

- ✓ 5-4-3规则指在网络中可以有5个网段，通过4个中继器连接，但只有3个网段可连接计算机，另外两个网段的用途是将网络延伸至更远的距离。其适用于10Base-5/10Base-2/10Base-T。

? 冲突域与广播域

- ✓ 冲突域指连接在同一导线上的所有工作站的集合，或者说是同一物理网段上所有节点的集合或以太网上竞争同一带宽的节点集合。广播域是指接收同样广播消息的节点的集合。

以太网的扩展

♥ 1. 集线器扩展以太网（物理层）

- a. 优点
 - i. 使原来属于不同碰撞域的局域网上的计算机能够通信。
 - ii. 扩大了局域网覆盖的地理范围（起到中继器的作用）。
- b. 缺点
 - i. 碰撞域增大了，但总的吞吐量并未提高。
 - ii. 如果不同的碰撞域使用不同的数据率，那么就不能用集线器将它们互连起来。

♥ 2. 网桥扩展以太网（数据链路层）

- a. 工作过程
- b. 优点
 - i. 过滤通信量（隔离了碰撞域）。
 - ii. 扩大了物理范围（不同的碰撞域之间不必受最大传播延迟的限制）。
 - iii. 提高了可靠性（一个网段的故障不会影响其他网段）。
 - iv. 可互连不同物理层、不同MAC子层和不同速率（如10 Mb/s 和100 Mb/s 以太网）的局域网。
- c. 缺点
 - i. 存储转发帧时，需执行CSMA/CD协议，增加了时延。
 - ii. 在MAC子层并没有流量控制功能，网桥缓存溢出时，会产生帧丢失的现象。
 - iii. 网桥只适合于用户数不太多（不超过几百个）和通信量不太大的局域网，否则有时还会因传播过多的广播信息而产生网络拥塞。这就是所谓的广播风暴。（仍是同一个广播域：所有广播帧都需要转发。多播帧也是如此）

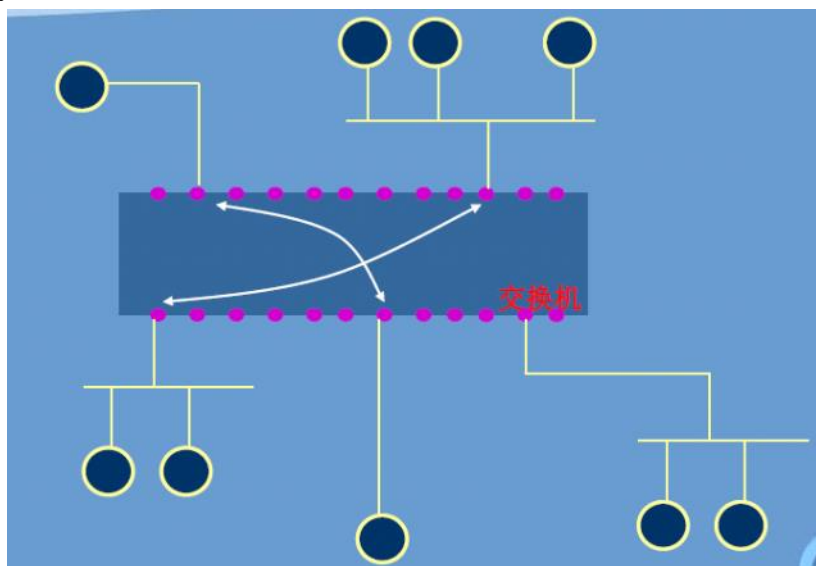
? 什么是透明网桥

- ✓ “透明”是指局域网上的站点并不知道所发送的帧将经过哪几个网桥，因为网桥对各站来说是看不见的。透明网桥是一种即插即用设备，其标准是IEEE 802.1D。

交换式以太网

? 什么是专用端口和共享端口?

✓ 交换机的每个端口可和一个结点相连，也可与一个共享介质的以太网集线器相连。若一个端口连接一个结点，那么该结点独占整个带宽，这类端口称为专用端口；若一个端口连接一个以太网，那么该端口将被以太网中的所有结点共享，这类端口称为共享端口。



1. 交换机的转发方式
 - a. 存储转发方式：交换机进行差错检测，将有差错的帧丢掉。
 - b. 直接交换方式：根据地址直接转发，出错检测由主机完成。
 - c. 无碎片的直接交换方式：将前两种方式结合起来，它在接收到帧的前64byte后，再根据地址字段将帧转发出去。即不转发帧碎片。
2. 交换式以太网的特点
 - a. 传输延迟小。以太网交换机由于使用专用的交换结构芯片，其交换速率就较高。
 - b. 传输带宽宽。以太网交换机的每个端口都直接与主机相连，并且一般都工作在全双工方式（不使用CSMA/CD协议），允许多对站点同时通信。
 - c. 允许不同速率的端口共存。
 - d. 支持虚拟局域网服务。

高速以太网

帧格式不变 mtu是1500

1. 三种不同的物理层标准

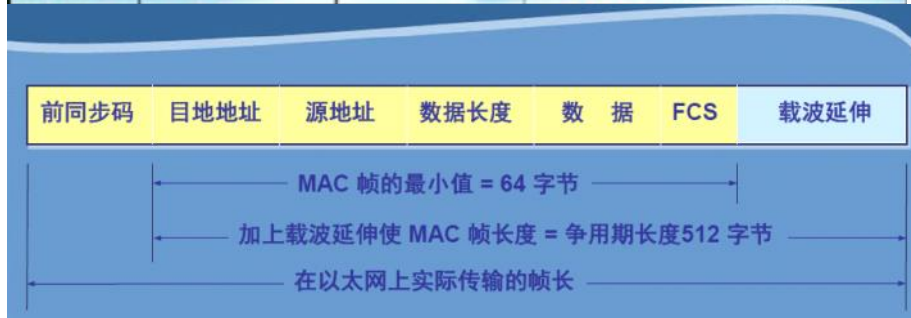
使用最普遍

- **100BASE-TX**（X代表编码体系为4B/5B）
 - 使用 **2 对 UTP 5 类线或屏蔽双绞线 STP**。采用4B/5B 编码，支持全双工方式工作，最大长度**100m**。
- **100BASE-FX**
 - 使用 **2 对光纤**。采用4B/5B编码，支持全双工方式工作，半双工方式下，最大长度**412m**；全双工方式下，最大长度**2000m**。
- **100BASE-T4**
 - 使用 **4 对 UTP 3 类线或 5 类线**。采用8B/6T编码，采用半双工方式工作，最大长度**100m**。

? 什么是载波延伸?

✓ 千兆位以太网工作在半双工方式时，就必须进行冲突检测。由于数据率的提高，因此只有减小最大电缆长度或增大帧的最小长度。吉比特以太网仍保持一个网段的最大长度为100m，它采用“载波延伸”的办法，使最短帧长仍为64 字节，同时将争用时间增大为512 字节。凡发送的MAC帧长不足512字节时，就用特殊字符填充使MAC帧的发送长度增大到512字节。

	传输速率 M bps	往返距离 m	一个时隙 2τ 内可传输的 Byte
802.3	10	5000	64 B (51.2 μ s)
802.3u	100	500	64 B (5.12 μ s)
802.3z	1000	400	512 B (4.096 μ s)



? 什么是分组突发?





无线局域网

CSMA/CA

1. 发送数据时，进行信道的监听
2. 使用确认机制（用于事后发现冲突和其他错误）
3. 虚拟载波监听
4. 退避算法
5. 信道预约（解决隐蔽站问题）

♥ 由于有两类无线局域网（无中心（AP）的网络、有中心的网络），因此MAC层分为两个子层：

1. 分布式协调功能子层
2. 点协调功能子层

有线局域网无连接无确认

无线局域网无连接有确认

第4章 广域网技术和网络互联

2019年4月14日 20:21

平面寻址和分层寻址的区别

分组转发

1. 面向连接的分组转发
2. 无连接的分组转发

主要的广域网技术

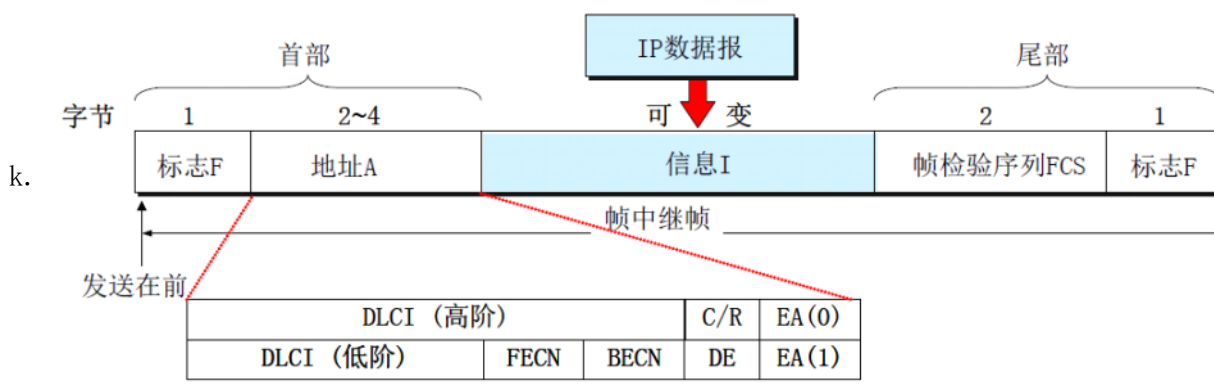
1. X.25网

- a. X.25 所讨论的都是以面向连接的虚电路服务为基础。
- b. X.25 规定了DTE-DCE 的接口
- c. 在数据链路层使用HDLC 的一个子集——平衡型链路接入规程LAPB。
- d. 保证通信质量

分组层：网络层

2. 帧中继网

- a. 在整个确认方式上，X.25网是确认型的网络，帧中继网是非确认型的网络。
- b. 网络中的各节点没有网络层，进行有限的差错控制
- c. 通信两端的主机的数据链路层进行完全的差错控制
- d. 帧中继网只在虚电路的源结点和目的结点之间进行确认和重发，在帧中继网络接口及网内各相邻结点间不负责确认和重发，只进行检错，有错就简单地将其抛弃。
- e. 帧中继有拥塞控制，无流量控制和差错处理
- f. LAPD
- g. 帧长可变的快速分组交换（固定的为信元中继）
- h. 向上提供永久虚电路服务（分为PVC和SVC）
- i. SVC中使用UNI信令建立和拆除连接
- j. PVC无建立和拆除阶段



- l. DLCI一般为10bit，当EA为0时表示下一个字节仍为地址字段，当EA为1时表示地址字段到此为止
- m. 当用户收到FECN=1的信令时，则需用户通知这个连接的对等用户减小数据发送速；当用户收到BECN=1的信令时，用户只要降低数据发送的速率即可。
- n. 高效、可靠、灵活

网络互连

♥ 网络互联的四个层次

1. 物理层：中继器 (repeater) 或集线器 (hub)

2. 数据链路层：网桥(bridge)或交换机 (Switch)
3. 网络层：路由器(router)
4. 网络层以上（高层）：网关(gateway)

网络互联设备

1. 中继器——弱信号的再生
2. 网桥——存储转发设备
 - a. 透明网桥 TB，采用逆向学习的方法建立转发地址表
 - b. 源路径选择网桥 SRB，主要用于令牌环网

c.		透明网桥	源路由网桥
	连接方式	无连接	面向连接
	配置	自动	人工
	路由选择	路由选择次佳	最佳路由
	路由信息的建立	逆向学习	发现帧
	转发帧的方式	查转发表	查帧的首部

- d. 网桥的功能
 - i. 帧的接收和发送：分析源站和目的站是否在同段网络，以决定转发还是丢弃该帧。
 - ii. 缓存管理：通常设置发送和接收两类缓存区。存储空间足够大，以适应峰值通信的需要。
 - iii. **协议转换**：网桥的协议转换功能仅限于物理层和MAC层。
 - iv. 差错控制：执行差错检测，然后对经协议转换的MAC帧生成新的CRC码，填入新的MAC帧的CRC字段。
 - v. **路由选择**功能：透明网桥具有该功能，而源路由选择网桥无此功能。
3. 路由器——分组的转发，OSI的网络层
 - a. 路由器的功能
 - i. **协议转换**：能对网路层以下各层的协议进行转换。
 - ii. 支持路由协议：路由器执行路由协议，与其他路由器交换路由信息以决定信息传输的最佳路径。
 - iii. **路由选择**：按照路由表信息，为每个数据包选择下一跳的目的地。
 - iv. 网络流量控制和差错指示：在收发数据包过程中实现**缓冲区管理**、拥塞控制和公平性互利，并产生必要的差错报告报文向源站报告。
 - v. 网络管理：路由器连接多个网络，网间信息都要通过它，容易实现对网络中信息流的监视和管理。
 - b. 组成部分
 - i. 路由选择部分——一般软件实现
 - ii. 分组转发部分——可用硬件实现
 - c. 分组丢弃——路由器中的输入或输出队列产生溢出是造成分组丢失的重要原因。
4. 网关

设备	适用场合	功能	优点	缺点
中继器 集线器	相同LAN网段的互联	放大、再生物理信号，延长传输距离	互联简单，费用低，基本无延迟	互联规模有限，不能隔离不需要流量，无法控制信息的传输
网桥 交换机	各种LAN网段的互联	进行帧的转发，具有过滤功能	网络互联容易，提供网络管理功能，提高安全性，协议透明，隔离不必要的流量，交换效率高	具有广播风暴现象，不能决定最佳路径，管理控制功能有限，错误处理功能不强，不能完全隔离不必要的流量
路由器	LAN与LAN的互联 LAN与WAN的互联 WAN与WAN的互联	路由选择 信息过滤 网络管理	适于大规模的复杂网络管理控制功能强 安全性，保密性好 充分隔离不需要的流量	网络设置复杂 不支持非路由器协议 价格昂贵、延迟大
网关	实现具有不同网络体系结构之间的网络间的互联	高层协议的转换	互联差异很大的网络 安全性好	实现复杂，通用性差

♥ 数据报和虚电路的对比

数据报和虚电路的对比		
对比的方面	虚电路服务	数据报服务
思路	可靠通信应当由网络来保证	可靠通信应当由用户主机来保证
连接的建立	必须有	不要
目的站地址	仅在连接建立阶段使用，每个分组使用短的虚电路号，节省分组开销。	每个分组都有目的站的地址信息
分组的转发	属于同一条虚电路的分组均按照同一路由进行转发	每个分组独立选择路由进行转发
当结点出现故障时	所有通过出故障的结点的虚电路均不能工作，必须重新建立另一条虚电路。	故障结点可能丢失分组，一些路由可能会发生变化，网络可靠性高

分组的顺序	总是按发送顺序 到达目的站	到达目的站时不一定 按发送顺序
差错处理和 流量控制	可以由分组交换网 负责也可以由用户	由用户主机负责 端到端的控制。
传输效率	虚电路的建立和释放 浪费网络资源，不适合 传输短报文	迅速又经济

第5章 因特网与TCP/IP协议

2019年4月14日 20:21

三类IP地址

地址分类	网络号长度	最大网络数	主机号长度	网络中最大主机数
A	7	126 (2^7-2)	24	16777214 ($2^{24}-2$)
B	14	16383 ($2^{14}-1$)	16	65534 ($2^{16}-2$)
C	21	2097151 ($2^{21}-1$)	8	254 (2^8-2)

A类地址网络号：1~126

B类地址网络号：128.1~191.255

C类地址网络号：192.0.1~223.255.255

特殊的IP地址

网络号	主机号	源地址使用	目的地址使用	意义
全0	全0	可以	不可	本网本主机
全0	hostid	可以	不可	本网某主机
nestid	全0	不可	不可	标识网络
全1	全1	不可	可以	本网广播
nestid	全1	不可	可以	某网广播
127	任意	可以	可以	本地软件环回测试

称为有限广播，路由器不向其他网络转发PDU。

称为定向广播

? 什么是私有地址

1. 对于不连入因特网的终端设备，若采用TCP/IP协议，也需使用IP地址在本网内唯一标识。
2. 这些范围的地址不会在Internet主干上被路由，只能在内部网络中使用。
3. 当内部网络想连入Internet时，需要进行网络地址转换，转换成全球范围的地址(从ISP或地址注册处获得)后才能进行通信。

三类私有地址

地址类别	地址范围
A	10.0.0.0~10.255.255.255
B	172.16.0.0~172.31.255.255
C	192.168.0.0~192.168.255.255

ARP和RAP

解决同一个局域网硬件地址和IP地址的转换

1. 每一个主机设有高速缓存，存储所有局域网的主机和路由器的IP到硬件地址的
2. 有，通过MAC帧发送硬件地址；无，发送ARP请求消息进行广播；远程通过路由器进行分组转发

? 为什么不直接使用硬件地址进行通信

由于全世界存在着各式各样的网络，它们使用不同的硬件地址。要使这些异构网络能够互相通信就必须进行非常复杂的硬件地址转换工作，因此几乎是不可能的事。连接到因特网的主机都拥有统一的IP 地址，它们之间的通信就像连接在同一个网络上那样简单方便，因为调用ARP 来寻找某个路由器或主机的硬件地址都是由计算机软件自动进行的，对用户来说是看不见这种调用过程的。

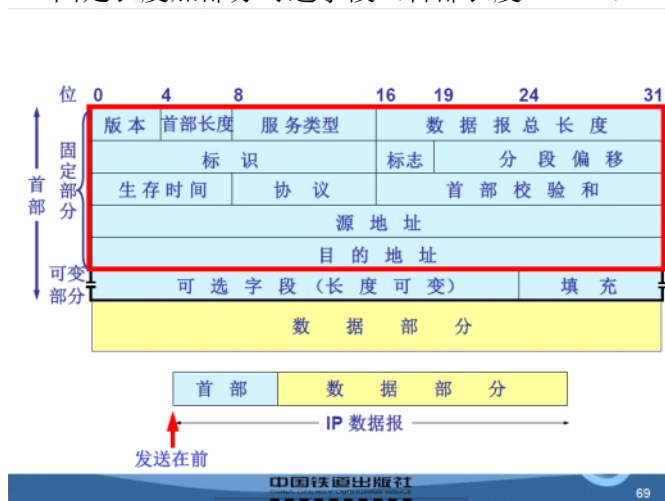
IP协议的作用

1. 定义了TCP/IP数据传送的基本单元，提供分段和重组的功能
2. 提供用于寻址的标志网络中每个主机的网络层地址，完成路由选择功能，选择数据传送的路径
3. 包含了不可靠分组传送的规则，指明分组处理、差错信息发生以及分组丢弃等规则。

检验和需要不断计算

IP数据报的格式

20B固定长度加部分可选字段（首部长度20-60B）



什么是ARP

1. 由于IP地址有32位，而局域网的硬件地址是48位，因此它们之间不能进行简单的转换。在每一个主机都设有一个高速缓存，里面有所在的局域网上的各主机和路由器的IP 地址到硬件地址的转换表。该转换表还应能够经常动态更新。地址解析协议ARP很好地解决了动态更新的问题。
2. ARP定义了两类消息：请求消息（已知IP，请求硬件地址）和应答消息（IP地址及其对应的硬件地址）
3. ARP定义了ARP消息如何在网上传输

ARP的工作过程

1. 当主机A 欲向本局域网上的主机B 发送IP 数据报时，就先在其ARP 高速缓存中查看有无主机B 的IP 地址。如有，就可查出其对应的硬件地址，然后通过局域网将该MAC 帧发往此硬件地址。
2. 若无，主机A发送一个ARP请求消息放入一个帧中，广播给网上所有计算机，与IP地址匹配

的主机B向A发送一个ARP应答消息，而其他计算机则丢弃收到的请求，不发任何应答消息。

从IP地址到硬件地址的解析是自动进行的

ICMP的功能

1. 提高IP 数据报交付成功的机会，及时反映数据报的传送情况
2. ICMP 允许主机或路由器向源发主机报告差错情况和提供有关异常情况的报告
3. ICMP有5种差错控制报文（单向——目的站不可达、数据报超时、参数问题、源点抑制、重定向报文。）和4种询问报文（双向——回送请求和应答、时间戳请求和响应、地址掩码请求和响应、路由器询问和通告报文）

ICMP的应用

1. PING

- a. PING使用了ICMP回送请求与回送回答报文。
- b. PING (Packet InterNet Groper)用来测试两个主机之间的连通性。
- c. PING是应用层直接使用网络层ICMP的例子，它没有通过传输层的TCP或UDP。

Ping的用法

d.

- **ping 127.0.0.1** 检查TCP/IP协议栈是否正常
- **ping 本地ip** 检查网卡是否工作正常
- **ping 网关地址** 检查和网关连接性
- **ping 远程网址** 检查远程连接

2. Tracert

- a. 通过向目标发送不同IP生存时间值的ICMP数据包，可确定到目标所采用的路由。
- b. 路径上的每个路由器在转发数据包之前会将数据包上的TTL减1，当TTL为0时，路由器会将ICMP已超时的消息发送回源系统。

c.

- **Tracert**先发送TTL为1 的数据包，并在随后的每次发送过程中将TTL递增1，直到目标响应或TTL达到最大值，从而确定路由。
- **Tracert**通过检查中间路由器发回的ICMP已超时的消息确定路由。
- **Tracert**命令按顺序打印返回的ICMP已超时的消息的路径中的近端路由器接口列表。

? 什么是端口?

✓ TCP/IP协议族的传输层协议对各个进程定义了一个连接，称为协议端口，或简称端口。端口就是传输层服务访问点TSAP

? 端口的作用

✓ 端口的作用就是让应用层的各种应用进程能将其数据通过端口向下交付给传输层，以及让传输层知道将其报文段中的数据向上通过端口交付给应用层相应的进程。从这个意义上讲，端口是用来标志应用层的进程。

? 常用端口

• 域名系统DNS	53
• 网络管理SNMP	161
• 电子邮件SMTP	25
• 远程终端接入TELNET	23
• 万维网HTTP	80
• 文件传送FTP	21
• 简单文件传送TFTP	69

FTP的20用于传输数据，21用于认证连接。

Socket



TCP与UDP

TCP 与 UDP

- **TCP**: 提供面向连接的服务。TCP不提供广播或多播服务。TCP 报文段(segment)是在传输层抽象的端到端逻辑信道中传送，这种信道是**可靠的全双工**信道。TCP协议复杂，占用较多的处理机资源。即“**有连接有确认**”。
- **UDP**: 在传送数据之前不需要先建立连接。对方的传输层在收到 UDP 报文后，不需要给出任何确认，即“**无连接无确认**”。UDP 不提供可靠交付，但在某些情况（如实时通信）下是一种有效的工作方式。

中国铁道出版社
102

UDP

UDP只在IP的数据报服务之上增加了很少的功能，即端口的功能和差错检测的功能。

UDP主要特点

- UDP 是**无连接**的，即发送数据之前不需要建立连接。
- UDP 使用**尽最大努力交付**，即不保证可靠交付，仅对数据进行差错校验，若发生错误，则简单地抛弃该数据报。
- UDP 是**面向报文**的。UDP 没有拥塞控制，很适合多媒体通信的要求，主要用于高速传输和实时性有较高要求的通信或广播通信。
- UDP 支持一对一、一对多、多对一和多对多的交互通信。
- UDP 的首部开销小，只有 8 个字节。

使用UDP协议的应用层协议

- 域名系统DNS
- 路由选择协议RIP
- IP地址配置DHCP
- 网络管理SNMP
- 文件传送TFTP

TCP

TCP主要特点

- TCP 是**面向连接**的传输层协议。
- 每一条 TCP 连接只能是点对点的（一对一）。
- TCP 提供可靠交付的服务，对数据有检验和重传，**支持差错和流量控制以及拥塞控制**。
- TCP 提供**全双工通信**。
- 面向字节流。
- TCP连接是一条虚连接而不是一条真正的物理连接。
- TCP对应用进程一次把多长的报文发送到TCP的缓存中是不关心的。
- TCP根据对方给出的窗口值和当前网络拥塞的程度来决定一个报文段应包含多少个字节（UDP发送的报文长度是应用进程给出的）。
- TCP可把太长的数据块划分短一些再传送，也可等待积累有足够多的字节后再构成报文段发送出去。

TCP主要功能

- TCP差错检验：计算检验和（与UDP类似）
- TCP可靠传递：编号、确认、重传、缓存排序
- TCP流量控制：设置滑动窗口
- TCP拥塞控制：设置拥塞窗口
- TCP面向连接：连接的建立和拆除（三次握手）
- 通过TCP报文首部各字段来具体实现TCP功能。

使用TCP协议的应用层协议

- 电子邮件 SMTP
- 远程终端接入 TELNET
- 万维网 HTTP
- 文件传送 FTP

TCP的三次握手

连接建立、数据传送和连接释放。



1. 使双方知道对方的存在。
2. 允许双方协商一些参数（如最大报文段长度、最大窗口大小、服务质量、报文初始编号等）。
3. 对传输实体资源（如缓存大小、连接表中的项目等）进行分配。

（连接释放）

TCP 连接必须经过时间 2MSL 后才真正释放



- MSL称为最长报文段寿命，通常设为2分钟。
- A要经过2倍MSL，才能进入关闭状态，才能开始建立下一个连接。
- 主要是保证A发送的最后一个ACK报文能够到达B。

专有名词解释

2019年4月11日 12:31



专有名词解释 - 电子表格

缩写	解释	备注				
ARPANET		1969, DARPA建立的第一个远程分组交换网 ARPANET为Internet的前身				
ISO	国际标准化组织					
OSI		开放系统互联 (OSI) 参考模型				
DARPA	美国国防高级研究计划局 (Defense Advanced Research Projects Agency)	DARPA开发了网络协议TCP/IP				
NSFNET	国家科学基金会 (National Science Foundation, 简称NSF)					
ISP	互联网服务提供商	大致上可将因特网分为以下五个接入级				
		网络接入点NAP				
		国家主干网 (主干ISP)				
		地区ISP				
		本地ISP				
		校园网、企业网或PC 机上网用户				
NAP	Network Access Point					
RTT	Round-Trip Time	两方向的端到端延时之和				
STP	屏蔽双绞线 (Shielded Twisted Pair)	最常用的传输介质, 如电话线				
UTP	无屏蔽双绞线 (Unshielded Twisted Pair)					
ATM	异步传输模式					
SNA	System Network Architecture	1974年, IBM首次提出完整的计算机网络体系标准 -----系统网络体系结构SNA				
DTE	Data Terminal Equipment	DTE(Data Terminal Equipment) 是数据终端设备, 是具有一定的数据处理能力和发送、接收数据能力的设备。				
DCE	Data Circuit-terminating Equipment	DCE(Data Circuit-terminating Equipment) 是数据电路端接设备, 它在DTE 和传输线路之间提供信号变换和编码的功能, 并且负责建立、保持和释放数据链路的连接。				
BER	误码率 Bit Error Rate					
FCS	Frame Check Sequence	CRC 并非用来获得FCS 的唯一方法。				
HDLC	高级数据链路控制 (High - level Data Link Control)					
MAC	介质访问控制 medium access control	该哪个结点发送数据? 发送时会不会出现冲突? 出现冲突怎么办?				
LAPB	链路访问过程平衡	LAP-B 是源于 HDLC 的一种面向位的协议, 它实际上是 ABM (平衡的异步方式类别) 方式下的 HDLC。LAP-B 能够确保传输帧的无差错和正确排序。				
DLCI	DLCI即数据链路连接标识 (Data Link Connection Identifier)	帧中继协议是一种统计复用的协议, 它在单一物理传输线路上能够提供多条虚电路。				
BECN	BECN (Backward					