

2 物理层

2.1 基本概念

物理层的主要任务—— 确定与传输媒体接口的一些特性

四个特性： 机械特性 ——指明接口所用接线器的形状和尺寸、引线的数目和排列、固定的所
锁定装置等

电气特性 ——指明接口电缆各条线上出现的电压范围

功能特性 ——指明某条线上出现的某条电平的电压表示何种意义

过程特性 ——指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序

2.2 数据通信的基础知识

数据通信系统的三大部分——源系统、传输系统、目的系统

数据——运送消息的实体

信号——数据的电气或电磁表现

模拟的——表示消息的参数的取值是连续的

数字的——表示消息的参数的取值是离散的

码元 ——在使用时间域的波形表示数字信号时，代表不同离散数值表示的基本波形

单工通信（单向通信）——只能有一个方向的通信不允许反方向的交互

半双工通信（双向交替通信）——通信的双方都可以发送消息，不允许同时发送或接收

全双工通信（双向同时通信）——通信双方可以同时发送接收消息

基带信号——来自源的信号

调制——基带信号含有信道不能传输的低频分量或直流分量，必须对基带信号进行调制

基带调制（编码）——仅仅变换波形，变换后仍是基带信号

带通调制——使用载波调制，把信号的频率范围搬到较高频段，并转换为模拟信号

带通信号——经过载波调制后的信号（仅在一段频率范围内能通过信道）

基本带通调制方法——调幅（AM）、调频（FM）、调相（PM）

码间串扰——在接收端收到的信号波形失去了码元之间的清晰界限的现象

奈氏准则 ——在任何信道中，码元的传输速率是有上限的，传输速率超过此上限就会出现严
重的码间串扰，使接收端对码元的判决成为不可能

数据的传输速率（比特率）——每秒传输的比特数即二进制数字（0 或 1），单位 bit/s、b/s、bps

码元传输率（波特率）——每秒信道传输的码元个数，单位 B

传信率（比特率）与传码率（波特率）的关系—— $R_b = R_B \log_2^N$ （N 为码元的进制数）

比特率 = n * 波特率（n 为每个码元的比特，二进制时带 1 比特，三进制时带 2 比特，八进制带 3bit）

信噪比——信号的平均功率和噪声的平均功率之比，记为 S/N，单位分贝（dB）

信噪比（dB）= 10log₁₀(S/N)(dB) 如当 S/N 为 10 时信噪比 10，S/N 为 1000 为 30

香农公式 ——信道极限信息传输率 $C = W \log_2(1+S/N)$ b/s

W 信道带宽（单位 Hz）、S 信道内所传信号的平均功率、N 为高斯噪声功率

奈氏准则公式—— $C = 2WR_b = 2WR_B \log_2 N$

即每赫带宽理想低通信道的最高码元传输率是每秒 2 个码元

2.4 通道复用技术

频分复用（FDM）——用户在分配到一定频带后，在通信过程中自始至终都占用这个频带

频分复用的所有用户在同样的时间占用不同的频率带宽

时分复用（TDM）——将时间划分为一段段等长的时分复用帧（TDM 帧），每一个时分复用用户

在每一个 TDM 帧中占用固定序号的间隙。（信道利用率不高）

统计时分复用 (STDM) ——前提是假定各用户都是间歇地工作, 每个时隙要有用户地址信息

波分复用 (WDM) ——光的频分复用, 因光载波频率很高, 习惯上用波长表示使用的光载波

8 路 2.5Gb/s 光载波经光的调制, 在一根光纤上的总速率为 20Gb/s

100 根 2.5Gb/s 光纤的光缆, 采用 16 倍密集波分复用, 得一根 4Tb/s\

码分复用 CDM —— 将每一个比特时间划分为 m 个短的码片

(码分地址 CDMA) 给每个站点分配码片序列, 不同站点的码片序列正交

当发送码片 1 时就发送该站点码片序列, 比特 0 时发送反码

当 S 站点向 T 站点发送数据时, T 站点接收的是所有站点发送的序列和

T 站点用 S 站点的码片序列与接收的序列和做内积运算

非 S 站点的序列得 0, S 站发送的比特 0 得 -1、比特 1 得 1

规格化内积公式——各项相乘之和 除以项数量

脉冲调制 PCM 体制——北美 24 路 PCM 标准 T1 速率为 1.544Mb/s

欧洲 30 路 PCM 标准 E1 速率为 2.048Mb/s

同步光纤网 SONET ——第一级同步传送信号 STS-1 传输速率 51.84Mb/s(第一级光载波 OC-1)

同步数字系列 SDH ——基本速率 (第一级同步传递模块 STM-1) 为 155.52Mb/s (OC-3)

3 数据链路层

数据链路层使用的信道主要有两种类型:

点对点信道——使用一对一的点对点通信方式

广播通信——使用一对多的广播通信方式

链路——是从一个结点到相邻结点的一段物理线路, 中间没有其他交换结点。

链路只是一条路径的组成部分

数据链路——除了这些物理线路, 还必须有通信协议来控制数据的传输, 如果把实现这些协

议的硬件和软件加到链路上, 就构成了数据链路

帧——数据链路层协议数据单元

IP 数据报——网络层协议数据单元

数据链路层三个基本问题: 封装成帧、透明传输、差错检验

封装成帧 ——在一段数据的前后分别添加首部和尾部, 这样就构成了一个帧

帧定界——首部和尾部的一个重要作用

最大传送单元 (MTU) ——链路层协议规定的所能传送的帧的数据部分长度上限

帧定界符——当数据是由可打印的 ASCII 码组成的文本文件时, 帧定界可使用帧定界符

SOH ——帧开始符, 十六进制编码 01, 二进制编码 00000001, Start Of Header

EOT ——帧结束符, 十六进制编码 04, 二进制编码 00000100, End Of Transmission

透明传输 ——无论什么样的比特组合的数据都能通过这个数据链路层

字节填充——发送端的数据链路层在数据中出现控制字符前插入一个转义字符 “ ESC ”

在接收端的数据链路层把数据送往网络层之前删除插入的转义字符

ESC——转义字符, 十六进制编码 1B, 二进制编码 00011011, Byte Stuffing

差错检测:

比特差错——比特在传输过程中可能会发生差错: 1 变成 0, 0 变成 1

误码率 BER ——在一段时间内, 传输错误的比特占所传输比特总数的比例, Bit Error Rate

信噪比越大, 误码率越小

循环冗余检验 CRC ——把数据分为每组 k 个比特

在待传送的一组数据 M 后添加 n 位冗余码

冗余码的计算方法——在 M 后加上 n 个 0 得到 $(2^n)M$

除以事先选定好的 $(n+1)$ 位除数 P 得到商 Q 和 n 位余数 R

(用竖式做除法, 商右移补 0 至位数与除数相等, 相异得 1, 相同得 0)

余数 R 作为冗余码接在 M 后发送出去

循环冗余检验 CRC——把收到的每一帧除以 P，检查得到的余数 R'

若 $R \neq 0$ ，则判定这个帧没有差错，就接受

若 $R \neq 0$ ，则判定有差错，就丢弃

帧检验序列 FCS——在数据后面添加冗余码， Frame Check Sequence

而 CRC 是一种常见的检错方法

FCS 可以用 CRC 这种方法得出，但 CRC 并非获得 FCS 的唯一方法

在数据链路层使用 CRC 检验，能实现无比特差错传输，但这还不是可靠传输，只能做到无差错接收，要做到可靠传输，必须加上确认和重传机制。

点对点协议 PPP——用户计算机和 ISP 进行通信时使用的链路层协议（只支持全双工链路）

PPP 协议应满足的需求——简单——这是首要的要求

封装成帧 透明性 多种网络层协议 多种类型链路 差错检测

检测连接状态 最大传送单元 网络层地址协商 数据压缩协商

PPP 协议不需要的功能——纠错 流量控制 序号 多点线路 半双工或单工链路

PPP 协议三个组成部分——一个将 IP 数据报封装到串行链路的方法

链路控制协议 LPC(Link Control Protocol)

网络控制协议 NPC(Network Control Protocol)

PPP 用同步传输链路，采用硬件完成比特填充；异步传输时使用字符填充法 P75

零比特填充——PPP 协议在使用 SONET/SDH 链路时，是使用同步传输的，此时采用零比特

填

充实现透明传输；发送端：5 个连续 1 填一个 0，接收端删除。

媒体共享技术——静态划分信道：频分复用、时分复用、波分复用、码分复用

动态媒体接入控制：随机接入、受控接入

世界第一个局域网产品（以太网）规约——DIX Ethernet V2

IEEE 的 802.3 标准——与 DIX Ethernet V2 差别很小，可以简称为“以太网”

局域网数据链路层的两个子层——逻辑链路控制 LLC 子层

媒体接入控制 MAC 子层

局域网的主要优点——具有广播功能，从一个站点可很方便的访问全网

便于系统的扩展和演变，各设备的位置可灵活调整和改变

提高了系统的可靠性、可用性和生存性

适配器——连接计算机与外部局域网，嵌在计算机主板上

适配器的主要功能——进行串行/并行转换

对数据进行缓存

在计算机的操作系统安装设备驱动程序

实现以太网协议

计算机硬件地址在适配器的 ROM 中，计算机软件地址——IP 地址在计算机的存储器中

以太网采取的两种措施——无连接的工作方式，尽最大努力交付，即不可靠交付

发送的数据都使用曼彻斯特编码的信号

CSMA/CD 协议——载波监听多点接入/碰撞检测（只能进行半双工通信）

多点接入——总线型网络，许多计算机以多点接入方式连接在一根总线上

载波监听——在发送数据前检测总线上是否有其他计算机子在发送数据

碰撞检测——计算机边发送数据边检测信道

电磁波在 1km 电缆的传播时延—— $5 \mu s$

争用期 2τ ——以太网端到端往返时延，具体争用期时间为 $51.2 \mu s$

对于 10Mb/s 的以太网，在争用期可发送 512bit，即 64 字节

退避算法——确定基本退避时间，一般取争用期 2τ

定义重传次数 $k = \text{Min}[\text{已经重传的次数}, 10]$

从 $[0, 1, \dots, 2^{k-1}]$ 中随机抽取数 r

重传推后时间为 r 倍争用期

重传达 16 次仍不成功，抛弃该帧

最短有效帧长——争用期是 512 比特时间时，发生冲突一定在前 64 字节内

以太网规定了最短有效帧长为 64 字节，小于 64 字节的都是无效帧

强化碰撞——当发现碰撞时，停止发送数据，再继续发送若干比特人为干扰信号

帧间最小间隔—— $9.6 \mu s$ ，即 96 比特时间

CSMA/CD ——从网络层获得一个分组，加上首尾组成以太帧，放入适配器缓存准备发送

检测到信道 96 比特时间内保持空闲，就发送这个帧

若检测到碰撞，则中止数据的发送，并发送人为干扰信号

发送完干扰信号后适配器执行退避算法，等待 r 倍 512 比特时间，返回步骤 2

CSMA/CD 十六字方针：先听先发，边听边发，冲突停发，随机重发

双绞线 以太网采用 星状拓补 在星形的中心增加 集线器（星形网 10BASE-T 的标准是 802.3i）

定义参数 $a = T_o / T_p$ —— a 的值越小信道利用率越高

极限信道利用率 $S_{max} = T_o / (T_o + T_p) = 1 / (1 + a)$ ——只有 a 远小于 1 才能得到尽可能高的 S_{max}

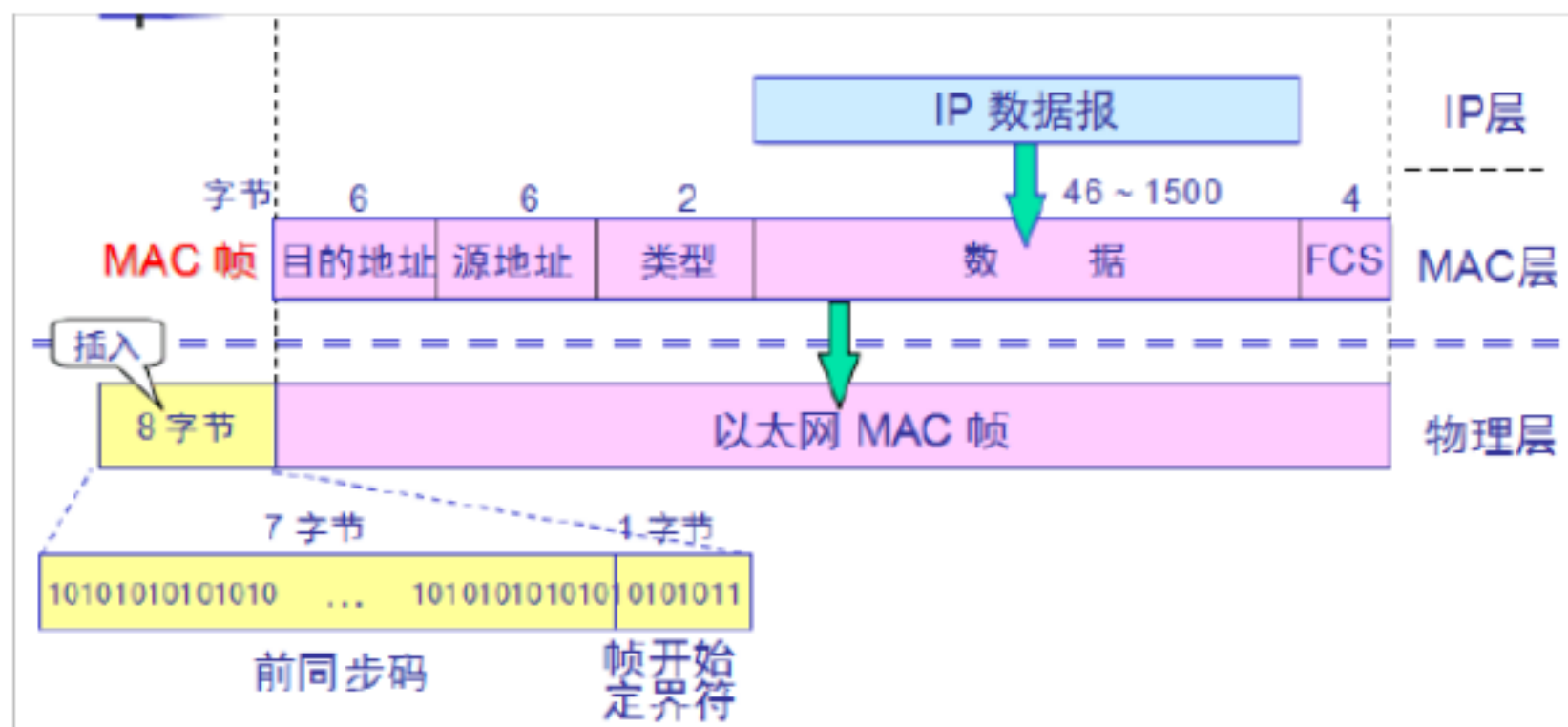
I/G 位—— IEEE 规定地址字段第一个字节最低位，0 表示单个地址，1 表示组地址

G/L 位——地址字段第一个字节最低第二位，0 表示全球管理，1 表示本地管理

三种帧——单播，广播，多播

常用以太网 MAC 帧格式两种标准—— DIX Ethernet V2 标准

IEEE 的 802.3 标准



IEEE802.3 规定无效的帧——帧长度不是整数字节

用收到的帧检验序列 FCS 查出有差错

收到数据字段长度不在 46 到 1500 字节之间

在物理层扩展局域网——主机使用光纤和一对光纤调制解调器连接到集线器

用集线器扩展局域网的优点——使计算机能够跨碰撞域通信

扩大了局域网覆盖的地理范围

缺点——碰撞域增大了，吞吐量并未提高

不同数据率的碰撞域无法互联

网桥——在数据链路层扩展以太网。网桥依靠转发表来转发帧。

网桥的好处——过滤通信量，增大吞吐量

提高可靠性

扩大物理范围

可以连接不同物理层、不同 MAC 子层、不同数据率的局域网

网桥的缺点——存储转发增加了时延

MAC 子层没有流量控制功能

只适合用户不太多和通信量不太大的局域网

网桥和集线器的不同——网桥是按存储转发方式工作的，一定是先把整个帧收下来子啊处理

但集线器（或转发器）是逐比特转发。

网桥丢弃 CRC 检验有差错以及无效的帧

网桥在转发帧前必须执行 CSMA/CD 算法

集线器在转发帧时，不对传输媒体进行检测、

透明网桥是一种即插即用设备

透明网桥——自学习和转发帧

在网桥的转发表中记录地址、接口和时间

生成树算法——为了避免转发帧在网络上不断的兜圈子

源路由网桥——源路由网桥在发送帧时将详细的路由信息放在帧首部

该网桥对主机是不透明的

以太网交换机——实际上就是一个多接口网桥，工作在链路层

每个接口都直接与主机相连，一般工作在全双工方式

虚拟局域网 VLAN ——是一些由局域网网段构成的与物理位置无关的逻辑组

它只是局域网给用户的一种服务，不是一种新型的局域网

VLAN 的优点——限制了接收广播信息的工作站数

使网络不会因传播过多的广播信息而引起性能恶化

虚拟局域网使用的以太网 MAC 帧格式（最大帧长由 1518 变为 1522 字节）：

高速以太网——速率超过 100Mb/s 的以太网

快速以太网—— 100BAST-T

（争用期是 $5.12 \mu s$ ，帧最小间隔是 $0.96 \mu s$ ，最短仍是 64 字节）

吉比特以太网标准 IEEE802.3z 的特点：

允许在 1Gb/s 下全双工和半双工两种方式工作；在半双工方式下使用 CSMA/CD 协议；

使用率 IEEE802.3 协议规定的帧格式；与 10BAST-T 和 100BASE-T 技术向后兼容。

吉比特以太网在半双工方式小采用“载波延伸”和发“分组突发”的方法，在全双工下不用。

10 吉比特以太网——与 10Mb/s 以太网帧格式完全相同，保留了 802.3 规定的最大（小）帧长，只在全双工方式下工作，因此不存在争用问题，也使用 CSMA/CD 协议。

以太网是——可扩展的、灵活的、易于安装、稳健性好

补充 PPP 帧格式：



网络层采用分组交换方式传输数据

分组交换有两种形式——数据报、虚电路

因特网的设计思路——网络层向上只提供灵活的、无连接的、尽最大努力交付的数据报服务
传输的可靠性不是由网络而是由端系统完成的

网络互连的层次及设备——物理层：使用中继站（如 HUB）在不同电缆段之间复制位信号

链路层：使用网桥（或交换机）在局域网之间存储转发数据帧

网络层：使用路由器在不同网络间存储转发分组

传输层及以上：使用协议转换器（网关）提供更高层次的接口

虚拟互连网络（IP 网）——逻辑互连网络（互联网可以由很多异构网络组成）

（主机协议五层，路由协议只有下三层）

网际协议 IP——TCP/IP 体系中两个最主要的协议之一

解决因特网互连问题

与 IP 协议配套使用的协议——地址解析协议 ARP
网际控制报文协议 ICMP
网际组管理协议 IGMP

IP 地址 ——给因特网上的每个主机或路由器的每一个接口
分配一个全网唯一的 32bit 的标识符；
由因特网名字和数字分配机构 ICANN 进行分配
采用点分十进制法表示

IP 地址的编址方法——分类的 IP 地址、子网的划分、无分类编址（构成超网）
IP 地址的组成——网络号：标志主机所连接到的网络（整个因特网范围内唯一）
主机号：标志该主机或路友器（在网络号指明的网络范围内唯一）

IP 地址分级的好处——方便 IP 地址的管理、节省路由空
路由表查找速度
IP 地址与硬件地址作用层次
硬件地址理解

ARP 协议的用途——从网络层使用的 IP 地址解析出数据链路层使用的物理地址
ARP 高速缓存——含有最近使用过的 IP 地址和物理地址的映射列表（本局域网上主机，路由）
APR 请求和答应方都把对方的地址映射存储在 APR 高速缓存中
ARP 运行过程——当主机 A 向本局域网上主机 B 发送 IP 数据报时，没有在 ARP 高速缓存
中找到主机 B 的 IP 项目，主机 A 就自动运行 ARP
(1)ARP 进程在本局域网上广播一个 ARP 请求分组
(2)该局域网上所有主机运行的 APR 进程都收到这个 ARP 请求分组
(3)主机 B 的 IP 地址与 ARP 请求分组要查询的 IP 地址一致，就收下这个 ARP 请求分组，
并向 A 发送 ARP 响应分组，其中写入自己的硬件地址，并在自己的 ARP 高速缓存中写入主机 A
的 IP 地址到硬件地址的映射。
(4)主机 A 收到 B 的 ARP 响应分组，就在自己的 ARP 高速缓存中写入主 机 B 的 IP 地址到硬
件地址的映射。
生存时间—— ARP 把保存在高速缓存中的映射地址项目都设置生存时间
凡超过这个生存时间的项目就从高速缓存中删除掉
注意—— ARP 是解决 同一个局域网上 的主机或路由器 IP 地址和硬件地址映射问题的
(不同局域网则通过中间路由器不断重复这个过程)
从 IP 地址到硬件地址的解析是自动进行的，主机用户不知道这一过程

IP 数据报格式：
IP 首部检验：
早期 IP 地址设计不合理—— IP 地址空间利用率有时很低
给每个物理网络分配一个网络号使路由表变大网络性能变差
两级 IP 地址不够灵活
划分子网的原因——有效利用地址空间；便于管理；隔离广播和通信，减少网络阻塞；
出于安全方面的考虑。
划分子网 的方法——将 IP 地址的主机号部分划分为两个部分，一部分用来标识子网，一部
分仍作为主机号。 IP 地址结构由两级变为三级。
划分子网增加了灵活性，却减少了能连接在网络上的主机数。
不同的子网掩码可能得出相同的网络地址，但是不同的掩码效果是不同的。
划分子网的缺点——浪费了一些 IP 地址；使路由表项目增长

A 类地址中：
IP 地址中网络字段全 0 是保留地址，表示本网络；
网络号 127(01111111) 留作为本地软件环回测试
主机字段全 0 表示本机；
主机字段全 1 表示该网络上所有主机。

首部长度的 4byte 一个单位
0101~1111（20 字节 ~60 字节）
总长度： 单位 byte（最大 $2^{16}-1$ ）
首部和数据之和（首部和分片数据和）
超过 MTU（以太网是 1500 字节）分片
标识：每产生一个数据报，计数器就加 1
相同标识字段分片得以重组
标志： MF —— more fragment
MF=1 还有分片， MF=0 最后一个分片
DF —— don t fragment
DF=1 不能分片， DF=0 允许分片
片偏移： 8byte 一个单位
分片后某片在原分组中的相对位置
相对于数据段的起点，该片从何处开始
生存时间 TTL：经过路由器减 1，跳数 0 丢弃

无分类编址 CIDR

使用二叉线索查找路由表

网络控制报文协议 ICMP

ICMP 差错报告文：终点不可达、源点抑制、时间超过、参数问题、改变路由 (重定向)

不应发送 ICMP 差错报告文的情况： ICMP 差错报告文、后续分片、多播数据报、特殊地址

ICMP 询问报告文：回送请求和回答、时间戳请求和回答

路由协议——内部网关协议 IGP (如 RIP 和 OSPF 协议等)

外部网关协议 EGP (如 BGP)

路由信息协议 RIP——分布式的基于距离向量的路由选择协议，是因特网标准协议，简单

最多包含 15 个路由器 (距离 16)，只适合小型互联网

RIP 协议特点——仅和相邻路由器交换信息；交换的是路由表 (即所有信息)；

按固定时间间隔交换路由信息。 (使用用户层数据报 UDP 传送)

路由表更新原则——找出到每个目的网络的最短距离

距离向量算法——将原来没有的目的网络加入，下一跳改为 R1，距离加 1

(R1 给 R2) 将原表中所有下一跳是 R1 的都按照收到的表更新，距离加 1

若目的网络相同，但下一跳不是 R1，比较它们的距离，选择短的留下

RIP 优缺点—— RIP 限制了网络规模；坏消息传播得慢；随着网络规模扩大，开销也增加。

实现简单，开销较小。

开放最短路径优先 OSPF——使用分布式的链路状态协议 (用 IP 数据报传送)

OSPF 特点——向本自治系统所有路由器发送信息 (范洪法)

发送的是与相邻所有路由器的链路状态 (部分信息：相邻的路由器及其度量)

只有当链路状态改变时才向所有路由器用范宏法发送此信息

OSPF 的五种分组类型——问候、数据库描述、链路状态请求、链路状态更新、链路状态确认

OSPF 协议对多点接入的局域网采用了制定指定的路由器的方法

边界网关协议 BGP——采用路径向量路由选择协议

使用 BGP 的原因——因特网规模太大，使得 AS 之间的路由选择非常困难

AS 之间的路由选择必须考虑有关策略

BGP-4 的四种报文—— OPEN、UPDATE、KEEPALIVE、NOTIFICATION

路由器——是一种具有多个输入端口和多个输出端口的专用计算机

其任务是转发分组

路由器的两大部分——路由选择部分和分组转发部分

分组转发的三个部分——交换结构、一组输入端口、一组输出端口

交换结构的作用——根据转发表对分组进行处理

将某个输入端口进入的分组从一个合适的输出端口转发出去

交换结构常用的交换方法——通过存储器、通过总线、通过互连网络

IP 多播——网际组管理协议 IGMP：使用 IP 数据报传递报文，是网际协议 IP 的一个组成部分

IP 多播——多播路由选择协议：找出以源主机为根节点的多播转发树

多播路由选择协议在转发多播数据报的方法：泛洪与剪除、隧道技术、基于核心发现技术

第五章：运输层

端到端通信——应用进程间的通信

运输层重要功能——复用和分用

网络层为主机之间提供逻辑通信，运输层为应用进程之间提供端到端的逻辑通信

运输层主要功能——为进程间提供端到端的逻辑通信

对收到的报文进行差错检验

需要两种运输协议：面向连接的 TCP、无连接的 UDP

端口号的分类——服务器端使用的端口号：熟知端口号和登记端口号

客户端使用端口号

UDP 在 IP 数据报服务之上增加的功能：复用分用功能和差错检测功能

UDP 特点——无连接、尽最大努力交付、面向报文、无拥塞控制、首部开销小
支持一对一、一对多、多对一和多对多交互通信

UDP ——用户数据报协议 TCP ——传输控制协议

TCP 主要特点—— TCP 是面向连接的运输层协议

每一条 TCP 连接只能有两个端点，每一条 TCP 连接只能是点对点的

TCP 提供可靠交付服务

TCP 提供全双工通信

TCP 是面向字节流的

TCP 连接的端点——套接字 socket (IP 地址：端口号)

停止等待协议：自动重传请求 ARQ (优点简单、缺点信道利用率低)

连续 ARQ 协议：优点容易实现。

缺点不能向发送方反映出接收方已经正确收到的所有分组信息

UDP 检验和计算：伪首部 + 首部 + 数据部分

TCP 首部——序号：本报文段所发送的数据的第一个字节的序号

确认号：期望收到对方下一个报文的第一个数据字节序号

确认 ACK：ACK=1 确认号字段有效，ACK=0 无效

同步 SYN：SYN=1 表示这是一个连接请求或连接接受报文

窗口：允许对方发送的数据量（以字节为单位）

终止 FIN：用来释放一个连接，FIN=1 表示此报文发送方数据发送完毕，要求释放运输连接

检验和：伪首部 + 首部 + 数据

选择确认 SACK: 指明一个边界要 4 个字节 , 最多指明 4 个字节块 , 另还需 2 字节

RTT：报文段往返时间 RTTs：加权平均往返时间

新 RTTs=(1-a) 旧 RTTs+a(新 RTT 样本)

RTO：超时重传时间 RTTD：RTT 的偏差的加权平均值

$RTO = RTTs + 4RTTD$ $RTTD = (1-b) \text{ 旧 } RTTD + b|RTTs - \text{新 } RTT \text{ 样本}|$

流量控制——让发送方的发送速率不要太快，让接收方来得及接收

利用滑动窗口实现流量控制

拥塞——对网络中某一资源的需求超过了该资源所能提供的可用部分，网络性能就要变坏

拥塞控制与流量控制的区别：

拥塞控制——防止过多的数据注入到网络中，这样可以使网络中的路由器或链路不致过载

所前提要做的都有一个前提，就是网络能够承受现在所有的网络负荷
是一个全局性过程

流量控制——往往指点对点通信量控制，是个端到端的问题

所要做的就是抑制发送端发送数据的速率，以便接收端来得及接收

提供的负载——单位时间内输入给网络的分组数目 (输入负载、网络负载)

吞吐量——单位时间内网络输出的分组数目

拥塞控制大方面分为两种方法：开环控制、闭环控制

拥塞控制的具体四种算法：慢开始、拥塞避免、快重传、快恢复

慢开始算法——由小到大逐渐增大发送窗口

每经过一个往返时间 RTT，发送方拥塞窗口 cwnd 就加倍

慢开始门限—— cwnd<ssthresh 时，使用慢开始算法

cwnd=ssthresh 时，既可使用慢开始算法，也可用拥塞避免算法

cwnd>ssthresh 时，使用拥塞避免算法

拥塞避免算法——没经过一个往返时间 RTT，cwnd 就加 1

无哪种阶段，只要发送方判断网络出现拥塞（没有按时收到确认），就把慢开始门限的发送方窗口值得一半，拥塞窗口 `cwnd` 重新设置为 1，执行慢开始算法。

AIMD 算法——加法增大乘法减小

快重传——接收方每收到一个失序的报文段后就立即发出重复确认

发送方一连收到三个重复确认就应当立即重传对方尚未收到的报文段

快恢复——当发送方连续收到三个重复确认时，执行乘法减小算法，把慢开始门限减半

发送方不执行慢开始算法，而是把拥塞窗口 `cwnd` 设置为慢开始门限减半后的数值，进行拥塞避免算法。

随机早期检验 RED——为了避免发生网络中的全局同步现象，路由器采用的措施

TCP 运输连接三个阶段——连接建立、数据传送、连接释放

TCP 连接建立方式——客户服务器方式

主动发起连接建立的应用进程叫客户，被动等待的叫服务器

第一章：概述	SYN 报文段不携带数据，但要消耗掉一个序号，所以 A 发送初始序号 <code>seq=x</code> ，则 B 发送的确认报文的 <code>ack</code> 为 <code>x+1</code> ，而 B 发送的 SYN 报文初始序号 <code>seq=y</code> ，A 随后发送的确认报文中 <code>ack</code> 为 <code>y+1</code> 。
网络是指三网——电信网络、有线电视网络、计算机网络	MSL，最长报文段寿命
计算机网络向用户提供的两个重要功能——连通性、共享（指资源共享）	A 等待两个 MSL 的原因：A 在收到 B 确认报文后还要发给 B 确认的原因：为了保证 A 发送的最后一个 ACK 报文段能够到达 B；
网络——由若干节点和连接这些节点的链路组成	为了防止已失效的连接请求报文段又突然传送到了 B，因而产生错误。
互联网——网络的网络 因特网——世界上最大的互联网络	防止上一节提到的“已失效的连接请求报文段”出现在本连接中
因特网发展三个阶段——从单个网络 ARPANET 向互联网发展的过程	ISOC——IAB——IETF、IRTF
因特网发展三个阶段——从单个网络 ARPANET 向互联网发展的过程	TCP 连接释放过程是第四次握手
建成三级结构的因特网：主干网、地区网、校园网	
逐渐形成多层次 ISP 结构的因特网（主干 ISP、地区 ISP、本地 ISP）	
ISOC——IAB——IETF、IRTF	
因特网正式标准经过四个阶段——因特网草案、建议标准、草案标准、因特网标准	
因特网从工作方式上分为两大块——边缘部分（用户直接使用）	
核心部分（为边缘部分提供服务）	
因特网边缘部分——连接在因特网上的所有主机	
网络边缘端系统的通信方式——客户-服务器方式（C/S 方式）、对等方式（P2P 方式）	
路由器——在因特网的核心部分起特殊作用	
是实现分组交换的关键构件，任务是转发收到的分组	
三种交换方式——电路交换：必须经过建立连接、通话、释放连接三个步骤	
面向连接、线路传输效率低	
分组交换：采用存储转发技术，报文分组、经路由转发、在目的地合并	

报文交换：采用存储转发，整个报文先传送到相邻节点，全部存储下来后查找转发表，转发到下一个节点。

计算机网络的定义——一些互相连接的、自治的计算机集合

网络类别——按作用范围分类：广域网 WAN、城域网 MAN、局域网 LAN、个人区域网 PAN、按使用者分类：公用网、专用网

性能指标——速率：单位比特（bit），主机在数字信道上传输数据的的速率（数据率或比特率）

带宽：单位比特每秒（b/s），通信线路传输数据的能力

吞吐量：单位时间内通过某个网络的数据量

时延：数据从网络的的一段到另一端所需要的时间

发送时延 = 数据帧长度 / 发送速率

传播时延 = 信道长度 / 电磁波在信道上的传输速率

处理时延：主机或路由器处理分组的时间

排队时延：分组进入路由器后在输入列队排队等待处理的时间

总时延 = 发送时延 + 传播时延 + 处理时延 + 排队时延

时延带宽积 = 传播时延 * 带宽

往返时间 RTT : 发送方从发送数据到收到对方确认经历的时间

利用率 : 信道利用率 D : 信道有百分之几的时间是被利用的

网络利用率 U : 全网信道利用率的加权平均值

$D = D_0 / (1 - U)$ D0 : 网络空闲时的时延

计算机网络非性能特征 :

费用、质量、标准化、可靠性、可扩展性和可升级性、易于维护和管理

网络协议的三个要素——语法、语义、同步

分层的好处——各层间相互独立、灵活性好、结构上可分割开、

易于实现和维护、能促进标准化工作、

各层完成的功能——差错控制、流量控制、分段和重装、复用和分用、连接建立和释放

网络的体系结构——计算机网络的各层及其协议的集合

计算机网络的体系结构——这个计算机网络及其构建所因完成的功能的精确定义

OSI 七层协议 : 物理层、数据链路层、网络层、运输层、会话层、表示层、应用层

TCP/IP 四层协议 : 网络接口层、网际层 IP、运输层、应用层

五层协议 : 物理层、数据链路层、网络层、运输层、应用层

实体——表示任何可发送或接收信息的硬件或软件进程、

协议——是控制两个对等实体 (或多个实体) 进行通信的规则的组合