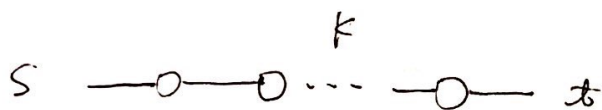


1-10: 电路交换: 建立连接 \rightarrow 通话 \rightarrow 释放连接

分组交换: 存储转发.



$$\text{电路交换时延} = S + kd$$

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

(忽略)

$$= (k-1) \frac{P}{b} + kd$$

每个结点都有发送时延 $(k-1)$

当 $S > (k-1) \frac{P}{b}$ 时 分组交换更优.

1-15. 利用率 U : $D = \frac{D_0}{1-U}$

时延 D

$$U = 90\% : D = \frac{D_0}{1-0.9} = 10 D_0$$

空闲时延 D_0 倍数 $\frac{D}{D_0} = 10$

1-17. (1), (2) 传播时延相同.

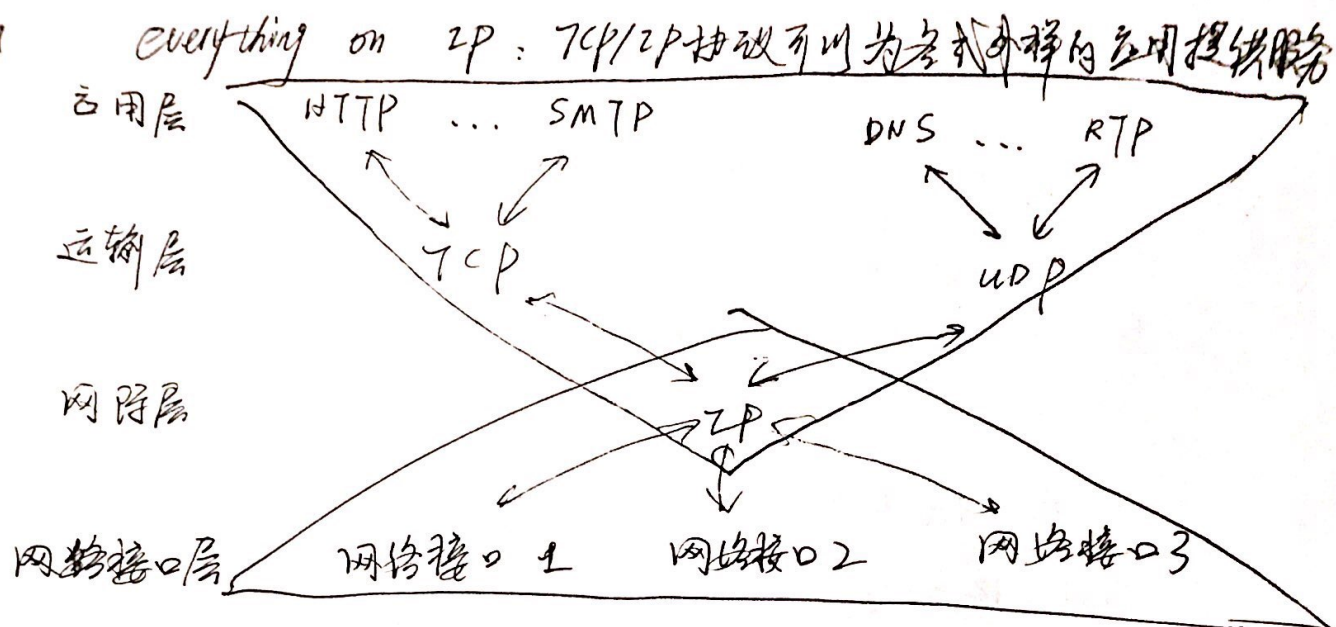
$$\text{传播时延} = \frac{\text{传输距离}}{\text{信号传播速率}} = \frac{1000 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$(1). \text{发送时延} = \frac{\text{数据长度}}{\text{数据发送速率}} = \frac{10^7 \text{ bit}}{100 \times 10^3 \text{ bps}} = 100 \text{ s.}$$

$$(2). \text{发送时延} = \frac{\text{数据长度}}{\text{数据发送速率}} = \frac{10^3 \text{ bit}}{10^9 \text{ bps}} = 10^{-6} \text{ s.}$$



1-27



IP on everything: TCP/IP 协议允许 IP 在各式各样的网络构成的互联网上运行。

1-28

$$(1). \text{发送时延} = \frac{1.5 \times 2^{20} \times 8 \text{bit}}{10 \times 10^6 \text{bps}} = 1.258 \text{ s}$$

$$\text{传播时延} = \frac{1}{2} \text{RTT} = 40 \text{ ms}$$

$$\text{总时延} = 2 \text{RTT} + 1.258 \text{ s} + \frac{1}{2} \text{RTT} = 1.458 \text{ s}$$

$$(2). \text{需划分组数} = \frac{1.5 \times 1024 \text{ KB}}{1 \text{ KB}} = 1536$$

$$\text{建立 TCP 连接时间} = 2 \text{RTT} = 80 \text{ ms}$$

$$\text{发送时延} = 1.258 \text{ s} \quad (\text{计算同 1})$$

$$\text{传播时延} = \frac{1}{2} \text{RTT}$$

$$\text{分组间隙等待时间} = 1535 \text{RTT}$$

$$\text{总时延} = 2 \text{RTT} + 1.258 + \frac{1}{2} \text{RTT} + 1535 \text{RTT} = 124.258 \text{ s}.$$



$$(3). \quad 1536 \text{ 个分组} = \frac{76 \text{ 个 RTT}}{1520 \text{ 个}} + \frac{\frac{1}{2} \text{ RTT}}{\text{最后一次单向传送 16 个}}$$

$$\text{总时延} = 2\text{RTT} + 76\text{RTT} + \frac{1}{2}\text{RTT} = 6.285$$

(4). 假设经 n 个 RTT 发送 1536 个分组

$$2^0 + 2^1 + \dots + 2^{n-1} = 2^n - 1 = 1536$$

$$\Rightarrow 10 < n < 11$$

即 $10 \text{ 次 RTT} + \frac{1}{2} \text{ RTT}$
最后一次单向传播

$$\text{总时延} = 2\text{RTT} + 10\text{RTT} + 0.5\text{RTT} = 15.$$



2-06.

数据在信道中的传输速率受信道能通过的频率范围和信噪比的限制。

信噪比的提升的主要方式是降噪，噪声不可能消除，而信号强度的提升也有限制。

香农公式表明：信号的带宽或信道中的信噪比越大，信息的极限传输速率就越高，香农公式给出了信息传输速率的上限，香农公式的意义在于，只要信息传输速率低于信道的极限信息传输速率，就一定有办法实现无差错的传输。

每个码元所携带的信息量不一定是 1 bit。

例如 QAM：4 个码元可携带 16 位信息量。

2-09: Shannon 公式

信道的极限信息传输速率

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

我们令 $r_1 = \frac{S_1}{N_1}$ $r_2 = \frac{S_2}{N_2}$ $r_3 = \frac{S_3}{N_3}$

$$35k = 3100 \log_2 (1 + r_1)$$

$$35k (1 + 60\%) = 3100 \log_2 (1 + r_2)$$

$$35k (1 + 60\%) (1 + 20\%) = 3100 \log_2 (1 + r_3)$$

$$r_1 = 3503.5$$

$$r_2 = 274131.9$$

$$r_3 = 3353924.8$$

$$\frac{r_2}{r_1} = 109.5$$

$$\frac{r_3}{r_2} > 10$$

增大 10 倍最大速率不能
上升 20%。



2-13: 信道复用技术: 共享信道

试 1) 频分复用, 时分复用, 统计时分复用

2) 波分复用

3) 码分复用.

2-16. 记 $S_x = (-1, +1, -3, +1, -1, -3, +1, +1)$

分别求内积

$$A * S_x = 1 - 1 + 3 + 1 - 1 + 3 + 1 + 1 = 8$$

$$B * S_x = 1 - 1 - 3 - 1 - 3 + 1 - 1 = -8$$

$$C * S_x = 1 + 1 + 3 + 1 - 1 - 3 - 1 - 1 = 0$$

$$D * S_x = 1 + 1 + 3 - 1 + 1 + 3 + 1 - 1 = 8$$

ABD 发送了数据, A 1 B 0 D 1.



1. 根据端对端的观点, 差错控制应该放在哪一层实现? 但现行网络体系为什么把它放到多个层实现?

根据端对端的观点, 处理端到端的差错控制应该在传输层实现, 但在现行的 TCP/IP 网络协议中, 各层网络协议对数据的概念不同, 所以对数据传输的纠错级别不同, 对于物理层, 数据就是 0-1, 对于数据链路层, 数据就是数据帧, 对于网络层, 数据是数据包的概念。

物理层的纠错, 主要通过降低噪声和加强信号强度实现。

数据链路层的纠错, 通过在数据帧中插入特定的校验码, 建立某种校验关系, 这种校验关系将会随着传输产生的错误而受到破坏, 于是可以被接收方发现并及时纠错或要求重发, 常见的差错控制方式有检错重发 (ARQ), 向前纠错 (FC) 和混合纠错 (HEC)。

而在传输层, (TCP), 它的纠错级别是保证整个报文的完整性和正确性, 可靠性通过序号和确认来实现, 完整性通过校验来实现。

2. 给定比特率 8000 码元/秒, 请计算 BPSK, QPSK 和 16-QAM 调制的信速率。

BPSK: 用 2 个相位表示 0, 1, 每个 bit 构成 1 个码元。

QPSK: 用 4 个相位表示 00, 01, 10, 11, 每 2 个 bit 构成 1 个码元。

16QAM: 每 4 个 bit 构成 1 个码元。

所以信速率分别为: BPSK 8 kbps; QPSK: 16 kbps;

16QAM: 32 kbps。



3. OFDM技术的主要特点是什么? 为什么4G选 OFDM 而不是 CDMA?

OFDM: (Orthogonal Frequency Division Multiplexing): 正交频分复用技术, 通过频分复用实现高速串行数据的并行传输。

OFDM 再思想: 将信道分成若干正交子信道, 将高速数据信号转换成并行的低速子数据流, 调制到每个子信道进行传输。正交信号可以通过在接收端用相关技术来解, 这样可以减少子信道之间的相互干扰。每个子信道上可以看成平坦性衰落, 从而可以消除码间的干扰, 而且由于每个子信道带宽仅仅是原信道带宽的一部分, 信号均衡相对容易。

一、 $\begin{matrix} \nearrow \text{CDMA} \\ \text{TDMA} \end{matrix}$ 3G 的 CDMA 相比 2G 只是提高了抗干扰能力, 并不向 OFDM 可以有效增大带宽

二、CDMA 技术需要给高通交专利费用, 影响了后续发展

三、在高带宽情况下, CDMA 的频谱效率不如 OFDM。

