

第 3 章数据链路层：可靠数据传输

3.19 使用回退 n 协议在 3000km 长的 1.544Mb/s 的 T1 干线上发送 64 B 的帧，若信号传播速度是 6μs/km，问帧的顺序号应有多少位？

答：传播时间 = $3000\text{km} * 6\mu\text{s}/\text{km} = 18\text{ ms}$

帧的传输时间 = $64 * 8 / 1.544 * 10^6 = 0.3316\text{ ms}$

发送窗口最大 = $1 + 2 * 18 / 0.3316 = 109.56$

假设顺序号为 n 位，则 GBN 的发送窗口 $\leq 2^n - 1$

为了能够有效利用链路的带宽 要求 $109.56 \leq 2^n - 1$

因此 $n \geq \lceil \log_2 110.56 \rceil = \lceil 6.79 \rceil = 7$

帧的顺序号应该有 7 位

3.22 通过举反例来说明，对回退 n 协议，必需使发送窗口 $\leq 2^m - 1$ （这里，m 是帧号数）。

答：

反证法：假设发送窗口 = 2^m 。在时刻 t_1 发送方 A 发送所有可以发送的帧，即帧序号范围 $= [0, 2^m - 1]$ ， t_2 时刻接收方 B 接收到这些帧，并且发送确认帧。此时 B 期待接收的帧为 0。接收方 B 发送的确认帧如果都丢失，则发送者 A 在 t_3 时重发发送窗口内的帧 $[0, 2^m - 1]$ 。而此时 B 期待接收的帧为 0，这样在 t_4 时刻收到帧 0 时，它将误以为该帧就是新的帧 0，并接收。因此协议失败。这说明假设错误，发送窗口应该小于等于 $2^m - 1$ 。

3.25 在 50Kbps 的卫星信道上发送 1K 比特长的帧，确认信号总是由数据帧捎带。帧头很短，使用三位顺序号。假设卫星链路单向延迟为 250ms。对下述三种协议，最大可能达到的信道有效利用率是多少？

- (1) 停等协议
- (2) 回退 n 协议
- (3) 选择重传协议

答：

传输时间 $= 1000/50 \times 10^6 = 20\text{ms}$

往返传播时间 $= 2 \times 250 = 500\text{ms}$

确认为捎带确认

1) 停等协议

信道利用率 $= 20\text{ms} / (20\text{ms} + 20\text{ms} + 500\text{ms}) = 0.037 = 3.7\%$

2) 回退 n 协议

发送窗口最大值 $W = 2^3 - 1 = 7$

信道利用率 $= 7 \times 20 / 540 = 0.259 = 25.9\%$

3) 选择重传协议

发送窗口最大值 $W = 2^3 - 1 = 7$

信道利用率 $= 7 \times 20 / 540 = 0.259 = 25.9\%$

第 6 章 运输层

6.11 考虑一个 Ethernet 上的两个主机之间的 TCP 连接，我们知道 Ethernet 上的 MTU 为 1500 字节，假设最大分组存活时间是 120 秒，那么要使得 TCP 数据段的序号不会回绕而重叠，该 TCP 连接的最大吞吐率是多少？此时该 TCP 连接在 Ethernet 上实际传输的数据速率是多少？注：假定 Ethernet 的帧封装开销是 26 字节，IP 和 TCP 都不采用选项。

答：不考虑拥塞控制的因素：

在 120 秒内最多发送 2^{32} 个字节的数据，因此最大吞吐率 $= 8 \times 2^{32} \div 120 \approx 286.33\text{Mbps}$

以太网的 MTU 为 1500 字节，IP 和 TCP 头部各 20 字节，因此 $\text{MSS} = 1500 - 20 - 20 = 1460$ 字节

这样总共发送的 TCP 段个数为： $2^{32} \div 1460$

在 120 秒内总共发送数据 $(1500 + 26) \times 2^{32} \div 1460$ 字节

实际传输速率为 $(1500 + 26) \times 2^{32} \div 1460 \times 8 \div 120 \approx 299.27\text{Mbps}$

6.30 假设一条 TCP 连接的当前 RTT 为 30ms，并且分别在相隔 26 ms、32 ms 和 24m 后收到确认。请问新的 RTT 估计是多少？假设 $\alpha=0.9$ 。

答：

按照 RTT 的公式有：

$$EstimatedRTT = \alpha * RTT + (1 - \alpha) * SampleRTT$$

$$RTT = 0.9 * 30 + (1 - 0.9) * 26 = 29.6$$

$$RTT = 0.9 * 29.6 + (1 - 0.9) * 32 = 29.84$$

$$RTT = 0.9 * 29.84 + (1 - 0.9) * 24 = 29.256$$

所以新的估计值为 29.256msec。

6.32 一个1Gbps的TCP连接上,发送窗口大小为64K字节,连接两端的延迟时间为10ms,请问可以获得的最大吞吐率是多少?效率是多少?

答：

由于发送窗口大小为 65535 字节,因此一个 RTT 可以传输满窗口的数据,即最大吞吐率为：

$$\frac{65535 * 8bit}{2 * 10ms} = 26.214Mbps。$$

而效率为 $26.214Mbps \div 1Gbps = 2.6\%$

补充 1. A 和 B 建立一条 TCP 连接,初始序号分别设置为 ISNA=20000 和 ISNB=5000。A 发送 2 个携带 1000 字节用户数据的 TCP 段 (Data1 和 Data2), B 每次收到后发送一个 ACK。接下来 B 发送一个携带 1000 字节数据的 TCP 段 DataB 给 A,最后释放连接。请完成下面表格,给出相应字段的内容。

A 发送	B 发送
SYN, ISN _A =20000	
	SYN, ISN _B =5000, ACK= <u>1</u>
ACK, SEQ= <u>2</u> , ACK= <u>3</u>	
Data1, SEQ= <u>4</u> , ACK= <u>5</u>	
	ACK, SEQ= <u>6</u> , ACK= <u>7</u>
Data2, SEQ= <u>8</u> , ACK= <u>9</u>	
	ACK, SEQ= <u>10</u> , ACK= <u>11</u>
	DataB, SEQ= <u>12</u> , ACK= <u>13</u>
ACK, SEQ= <u>14</u> , ACK= <u>15</u>	
	FIN, SEQ= <u>16</u> , ACK= <u>17</u>
ACK, FIN= <u>18</u> , ACK= <u>19</u>	

	ACK, ACK = <u>20</u>
--	----------------------

A 发送	B 发送
SYN, ISN _A = 20000	
	SYN, ISN _B = 5000, ACK = <u>1 20001</u>
ACK, SEQ = <u>2 20001</u> , ACK = <u>3 5001</u>	
Data1, SEQ = <u>4 20001</u> , ACK = <u>5 5001</u>	
	ACK, SEQ = <u>6 5001</u> , ACK = <u>7 21001</u>
Data2, SEQ = <u>8 21001</u> , ACK = <u>9 5001</u>	
	ACK, SEQ = <u>10 5001</u> , ACK = <u>11 22001</u>
	DataB, SEQ = <u>12 5001</u> , ACK = <u>13 22001</u>
ACK, SEQ = <u>14 22001</u> , ACK = <u>15 6001</u>	
	FIN, SEQ = <u>16 6001</u> , ACK = <u>17 22001</u>
ACK, FIN = <u>18 22001</u> , ACK = <u>19 6002</u>	
	ACK, ACK = <u>20 22002</u>

补充 2 考虑一条 TCP 连接，RTT 为 4.1 秒，采用 Nagle 算法，不采用延迟 ACK。假设连接空闲，然后用户要输入字符 abcdefghi，注意这些字符是每隔 1 秒产生一个，请给出这些字符的发送时序，反映出实际链路上发送的字符以及相应的时刻。

答：

T=0.0 'a' 发送
 T=1.0 'b' 在缓冲区
 T=2.0 'c' 在缓冲区
 T=3.0 'd' 在缓冲区
 T=4.0 'e' 在缓冲区 bcde
 T=4.1 对'a'的 ACK 到来发送“bcde”
 T=5.0 'f' 在缓冲区
 T=6.0 'g' 在缓冲区
 T=7.0 'h' 在缓冲区
 T=8.0 'i' 在缓冲区
 T=8.2 “bcde”的 ACK 到来，发送 “fg hi”

第 6 章 运输层-拥塞控制

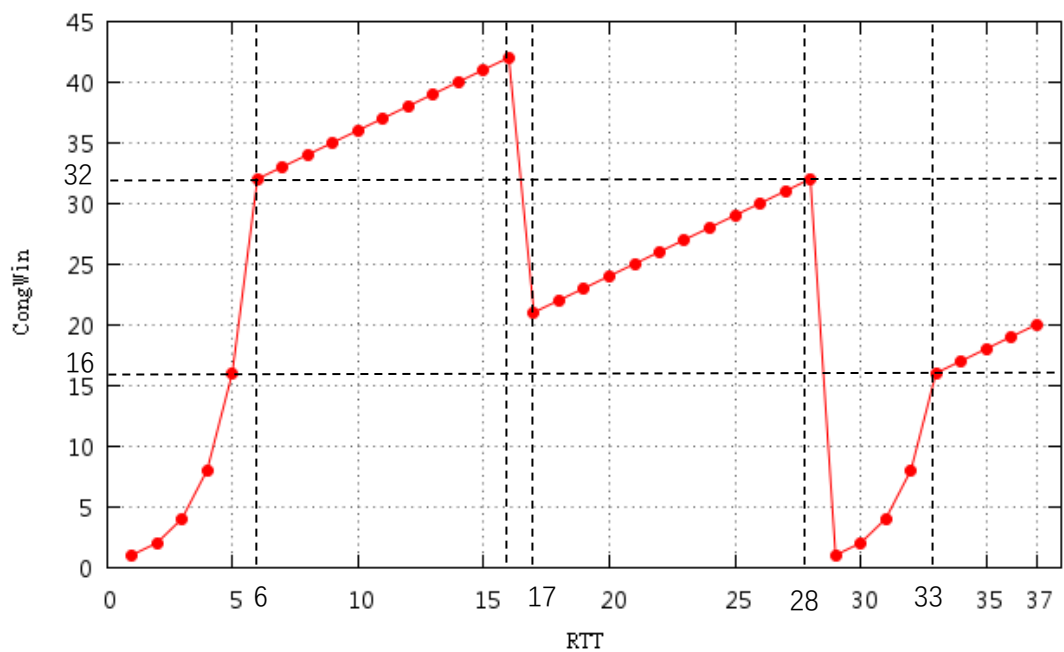
6.28 考虑一条 TCP 连接的慢启动阶段，RTT 为 10ms，MSS 为 2KB，假设网络不会出现拥塞，接收窗口为 48KB，请问从建立连接开始到可以发送第一个完整的接收窗口的数据要多长时间？

答：

初始拥塞窗口为 2KB，每次成功的传输之后，拥塞窗口增长到 4KB、8KB、16KB、32KB、64KB。

因此需要 5 个 RTT 的时间，即 50ms 的时间可以连续发送 48KB 的数据。

补充 3 下图给出了一条 TCP 连接的拥塞窗口变化情况，采用 TCP Reno 拥塞控制（即包括快速重传和快速恢复）算法，横坐标表示时刻，以 RTT 为单位，而纵坐标为拥塞窗口，以 TCP 段为单位，图中的小圆点对应的就是各个时刻的拥塞窗口取值。请完成下述表格，说明从时刻 1 到 37 期间哪些时间段属于慢启动（SS）或者拥塞避免（CA）阶段（即不用包括快速恢复阶段），导致不同拥塞阶段变化的事件是什么？这些时间段的慢启动阈值 ssthresh 是什么？



时间段 [开始时刻, 结束时刻]	阶段 (SS 或 CA)	ssthresh	事件

答：

时间段 [开始时刻, 结束时刻]	阶段 (SS 或 CA)	ssthresh	事件
[1,6]	SS	32	连接建立初始进入慢启动， 拥塞窗口 \geq 慢启动阈值退出

[6,16]	CA	32	拥塞窗口超过慢启动阈值， <u>3 个重复 ACK</u> 进入快速恢复
[17,28]	CA	21	<u>收到新的 A C K</u> 退出快速恢复阶段
[29,33]	SS	16	<u>分组丢失重传超时</u> 进入慢启动阶段
[33,37]	CA	16	<u>超过慢启动阈值</u> 进入 C A

第 5 章 网络互连

5.6 如图 5.47 所示，7 个 LAN 通过 7 个网桥 B1-B7 连接起来，桥连接到 LAN 的端口标识也在图中标出。每个网桥运行生成树算法，每个桥的 BID 就是其标识中包括的数字。有三个主机 H1、H2 和 H3 连接到相应的 LAN 上。请问：

- a、哪个桥是生成树的根，哪些端口是根端口？
- b、每个 LAN 的选取桥是哪个桥，哪个端口是选取端口？
- c、假设当生成树算法稳定之后，主机 H1 给 H2 发送一个消息，H3 给 H1 发送一个消息，请给出这两个消息分别经过的 LAN。

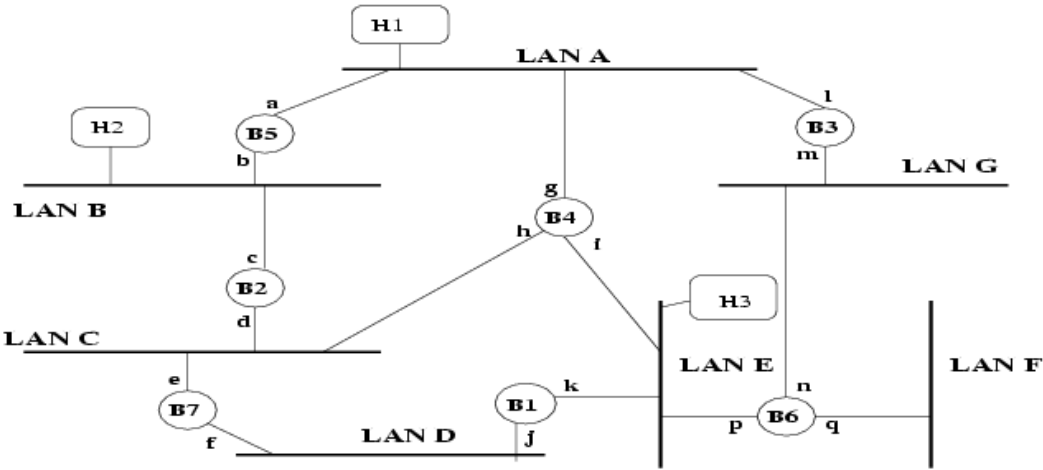


图 5.47

答：
根桥为桥 ID 最小的桥，因此根桥为 B1，而根端口则分别为：
B1 为根桥，没有根端口，B2 的根端口为连接的 d 端口，B3 的根端口为连接的 l 端口（l 端口相比 m 端口号更小），B4 连接的 i 端口，B5 连接的 a 端口，B6 连接的 p 端口，B7 连接的 f 端口

(2) 下表列出了每个局域网对应的选取桥及相应的选取端口

LAN	选取桥	选取端口
A	B4	g
B	B2	c
C	B4	h
D	B1	j
E	B1	k
F	B6	q

G	B6	n
---	----	---

(3)主机 H1 发送消息给 H2 时，经过的局域网为 LAN A、LAN C 和 LAN B。而主机 H3 发送消息给 H1 时，经过的局域网为 LAN E 和 LAN A。

5.8 考虑一个路由器收到一个 IP 数据报，其中 IP 头部长度为 20 字节，总长度为 1000 字节，DF 和 MF 标志都为 0，分段偏移为 0。该数据报要往一个 MTU 为 512 字节的链路转发。

- 该数据报需要分成几个分段？并给出这些分段的 IP 头部中总长度、DF 和 MF 标志、分段偏移的取值
- 假设收到的数据报的 DF 标志为 1，路由器会如何处理？

答：

a. MTU = 512, 最多携带 512 - 20(IP header) = 492 字节，但是 492 不是 8 的倍数，因此前面的分段携带的数据为小于 492 的最大一个 8 的倍数 = 488

原始数据报为 1000 字节，携带 1000-20 = 980 字节的数据，可以分为三段，分别为前面 488、488 和 980-2*488 = 4 个字节。

第一个分段：总长度 = 488 + 20 = 508, DF/MF = 0/1, 分段偏移 = 0

第二个分段：总长度 = 488 + 20 = 508, DF/MF = 0/1, 分段偏移 = 488/8 = 61

第三个分段：总长度 = 4 + 20 = 24, DF/MF = 0/0, 分段偏移 = 2*61 = 122

b. 收到一个 DF=1 的数据报，路由器往前转发需要进行分段但是不许分段会丢弃该数据报，并且发送一个不许分段的 ICMP 不可达 (ICMP Unreachable with don't fragment) 消息给源。

5.11 考虑一个机构拥有 IP 地址块 101.101.176.0/22，机构内部有 4 个部门，每个部门要求支持的主机数目分别为 318、235、108、69，请给出一种 IP 地址块分配方案，采用类似于 101.101.176.0/22 的形式来描述地址块。

答：可有多个回答，比如：

318 台主机需要用 9 个比特来表示主机部分，可以采用地址块：101.101.176.0/23

235 台主机需要用 8 个比特来表示主机部分，可以采用地址块：101.101.178.0/24

108 台主机需要用 7 个比特来表示主机部分，可以采用地址块：101.101.179.0/25

69 台主机需要用 7 个比特来表示主机部分，可以采用地址块：101.101.179.128/25

5.12 下面是一个路由器的路由表，请尽可能把路由表项汇集起来以使得路由表项的个数最少，注意路由表项应该按照正确的顺序排列（出现多个表项匹配时第一个匹配项为最终的匹配）。

子网	物理端口
----	------

10.25.16.0 / 24	A
10.25.17.0 / 24	B
10.25.18.0 / 24	A
10.25.19.0 / 24	A

答：

能够汇集的表项必须是同一个物理端口，18 的二进制表示为 1010，19 的二进制表示为 1011，因此可以合并为 10.25.18.0/23 A，所以最终结果为：

10.25.16.0/24 A

10.25.17.0/24 B

10.25.18.0/23 A

5.13 一个支持 CIDR 的路由器的路由表如下所示，假设路由器收到多个分组，其目的地地址分别为：

1. 196.94.19.135

2. 196.94.34.9

3. 94.67.145.18

4. 196.106.49.49

请问这些分组分别转发给哪个路由器？

网络/掩码	下一跳
196.80.0.0/12	A
196.94.16.0/20	B
196.96.0.0/12	C
196.104.0.0/14	D
128.0.0.0/1	E
64.0.0.0/2	F
0.0.0.0/2	G

答：

1. 转发给 B

2. 转发给 A

3. 转发给 F

4. 转发给 D

5.17 假设主机 10.0.0.1 访问 Internet 上 Web 服务器，其 IP 地址为 21.1.78.5，10.0.0.1 需要穿越一个 NAT 设备才能访问 Internet，请分别给出 HTTP 请求和响应在 NAT 设备内外的 IP 地址和端口号情况。假设采用 NAT，NAT 设备使用公网 IP 地址 138.76.29.7。

答：x 为内部主机选取的一个端口号，而 y 为 NAT 设备选取的一个端口号

	源 IP：源端口号	目的 IP：目的端口号
C→S: NAT 内部	10.0.0.1:x	21.1.78.5:80
C→S: NAT 外部	138.76.29.7:y	21.1.78.5:80
S→C: NAT 外部	21.1.78.5:80	138.76.29.7:y
S→C: NAT 内部	21.1.78.5:80	10.0.0.1:x