

版本: 4.6

《计算机网络》计算题题库

《计算机网络》课程组

华中科技大学电信学院

2022.11

目 录

第 1 章. 绪论	1
1.1 数据交换原理.....	1
第 2 章. 网络体系结构.....	2
2.1 网络性能评估	2
第 3 章. 直连网络	4
3.1 比特填充.....	4
3.2 CRC 校验.....	4
3.3 可靠传输机制	5
3.4 传统以太网.....	6
第 4 章. 分组交换网络.....	7
4.1 以太网网桥.....	7
4.2 交换式以太网.....	8
第 5 章. 网络互联	8
5.1 IP 数据报分片	8
5.2 IP 地址及其划分.....	9
5.3 路由与路由器.....	14
第 6 章. 网络高级互联.....	18
第 7 章. 传输层.....	18
7.1 TCP 协议	18
第 8 章. 拥塞控制	19
第 9 章. 应用层.....	21

第1章. 绪论

1.1 数据交换原理

[1-1] 已知：①待传输的报文长度为 L (bit)。②从源主机到目的主机要经过 k 条线路。③每一条线路的传播延时为 d (sec)。④数据传输速率为 b (bps)。⑤在电路交换中，电路的建立时间为 s (sec)。⑥交换机排队等待时间忽略不计。求长度为 L (bit)的报文通过电路交换网传输的总延时。

答案：考虑连接建立延时和连接释放延时，总延时为 $2*s + L/b + D * k$

[1-2] 已知①待传输的报文长度为 L (bit)。②分组数据长度为 p (bit)，报头长度为 h (bit)，分组长度为 $(p + h)$ (bit)。③数据传输速率为 b (bps)。④从源主机到目的主机要经过 k 条线路。⑤路由器排队等待时间与每一条线路的传播延时忽略不计。求长度为 L (bit)的报文通过分组交换网传输的总延时。

答案：总延时为 $((p+h)/b) * (L/p) + (k-1)*(p+h)/b$

[1-3] 在一个分组交换网中，假设①报文长度为 L (bit)。②分组数据长度为 p (bit)，报头长度为 h (bit)，分组长度为 $(p + h)$ (bit)。③忽略传播延时与节点排队等待延时。求：如果希望总的延时达到最小，那么分组中数据字段长度 p (bit)应取多少？

答案： $p=(L*h/(k-1))^{1/2}$ 时，总延时最小

[1-4] 试在下列条件下比较电路交换和分组交换。要传送的报文共 x (bit)。从源点到终点共经过 k 段链路，每段链路的传播时延为 d (sec)，数据率为 b (bps)。在电路交换时电路的建立时间为 s (sec)。在分组交换时分组长度为 p (bit)，且各结点的排队等待时间可忽略不计。问在怎样的条件下，分组交换的时延比电路交换的要小？

答案： $(k-1)*p/b < s$

[1-5] 假设想要在一条由信源、信宿、6 条点对点链路和 5 个交换机组成的网路上传输 n 字节的文件。假设每条链路传播延迟为 2ms，带宽为 4Mbps，而且交换机支持电路交换和分组交换。你可以把文件分割成 1KB 的分组或在交换机之间建立起一个电路并把文件作为一个连续的比特流发送。假设每个分组有 24 字节的分组首部信息和 1000 字节的有效载荷，而且每个交换机在完全收到一个分组后对分组进行存储转发的过程会引起

1ms 的延迟, 分组可以被链路发送而不需要等待确认。建立电路需要发送 1KB 的消息。在路径上往返一次在每个交换机产生 1ms 的延迟。假设交换机不会给通过电路的数据带来延迟。也可以假设文件大小是 1000 字节的整数倍。

- (a) 文件大小为多少个字节时, 电路交换在网络上发送的总字节数少于分组交换。
(b) 文件大小为多少个字节时, 电路交换使整个文件到达目的地时产生的总延迟小于分组交换。

答案:

仅考虑连接建立时延, 不考虑连接释放时延时,

- (a) $n \geq 86000(\text{byte})$.
(b) $n \geq 903000(\text{byte})$.

第2章. 网络体系结构

2.1 网络性能评估

[2-1] 假定要在网络上传送 1.5MB 的文件。设分组长度为 1KB, 往返时间 $RTT=80\text{ms}$ 。传送数据之前还需要有建立连接的时间, 这需要 $2 \times RTT=160\text{ms}$ 。试计算在以下几种情况下接收方收到该文件的最后一个比特所需的时间。

- (1) 数据发送速率为 10Mb/s, 数据分组可以连续发送。
(2) 数据发送速率为 10Mb/s, 但每发送完一个分组后要等待一个 RTT 时间才能再发送下一个分组。
(3) 数据发送速率极快, 可以不考虑发送数据所需的时间。但规定在每一个 RTT 往返时间内只能发送 20 个分组。
(4) 数据发送速率极快, 可以不考虑发送数据所需的时间。但在第一个 RTT 往返时间内只能发送一个分组, 在第二个 RTT 内可发送两个分组, 在第三个 RTT 内可发送四个分组 (即 $2^3-1=2^2=4$ 个分组)

答案: 

- (1) 需要时间 1.458s。
(2) 需要 124.258s。
(3) 需要时间 6.28s。
(4) 需要时间 1.00s

[2-2] 设 RTT 为 50ms、分组长度为 1KB、数据发送前需要时长为 2RTT 的握手过程, 计算下列情况下传输 1000KB 长度文件所需时间:

- (a) 速率为 2 Mbps, 分组连续发送;
(b) 速率为 2 Mbps, 但发送完一个分组后需要等待一个 RTT 才能发送下一个分组;
(c) 速率无限高, 但每个 RTT 只能发送 20 个分组;

(d)速率无限高, 但首个 RTT 只能发送 1 个分组, 第二个 RTT 可以发送 2 个分组, 第三个 RTT 可以发送 4 个分组, 依此类推。

答案: 文件传输的完成, 以该文件数据最后一个比特到达接收者为准。

(a) 传输文件所需时间

$$\begin{aligned} &= \text{初始握手时间} + \text{文件传输时间}(\text{文件长度}/\text{传输速率}) + \text{最后一个分组传播时间} \\ &= 2 \text{ RTTs} (2 \times 50\text{ms}) + 1000\text{KB}/2\text{Mbps} (\text{transmit}) + \text{RTT}/2 (\text{即 } 50\text{ms}/2) \\ &\approx 0.125 \text{ sec} + 8\text{Mbit}/2\text{Mbps} = 0.125 \text{ sec} + 4 \text{ sec} = 4.125 \text{ sec}. \end{aligned}$$

如考虑 $1 \text{ KB} = 2^{10} \text{ B}$ 以及 $1 \text{ MB} = 2^{20} \text{ B}$, 上述结果修订为 4.221 sec.

(b) 文件传输所需时间等价于为(a)的结果加上 999 RTTs (对应于第 1 个分组到达和第 1000 个分组到达接收方的时间间隔), 即 $4.221 + 49.95 = 54.171 \text{ sec}$ 。

(c) $2 \text{ RTTs} + 49.5 \text{ RTTs} = 2.575 \text{ sec}$

(d) 初始握手 n 个 RTT 后, 传输的分组数为 $1 + 2 + 4 + \dots + 2^n = 2^{n+1} - 1$ 。 $n = 9$ 时, 可以完成 1000 个分组的发送, 但最后一批分组仍需 RTT/2 才能到达接收方, 因此完成文件传输所需时间为 $2 \text{ RTTs} + 9.5 \text{ RTTs} = 0.575 \text{ sec}$ 。

[2-3] 有一个点对点链路, 长度为 50 km。若数据在此链路上的传播速度为 $2 \times 10^8 \text{ m/s}$, 试问链路的带宽应为多少才能使传播时延和发送 100 字节的分组的发送时延样大? 如果发送的是 512 字节长的分组, 结果又应如何?

答案:

分组长度 100 字节, 带宽应该是 3.2Mb/s;

分组长度 512 字节, 带宽应该是 16.38Mb/s。

[2-4] 假设在地球和新的月球定居地之间架设了一条 100Mbps 的点到点链路。从月球到地球 的距离大约是 385000km, 而且数据在链路上以光速传播, 即 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

(a) 计算链路的最小 RTT。

(b) 使用 RTT 作为延迟, 计算链路的延迟与带宽的乘积。

(c) 在 (b) 中计算的延迟与带宽的乘积值的意义是什么?

(d) 在月球基地上的一部照相机拍摄了一张地球的照片, 并以数字的形式存入磁盘。假设地球上的任务控制中心希望下载最新的图像, 大小是 25MB。计算从发出请求到传输完毕耗费的最小时间。

答案:

(a) 2.57 (s)

(b) 30.64(MB)

(c) 为保持链路资源满载, 发送方在接收到接收方反馈回来的第一个比特之前, 发送方可以发送的总比特数

(d) 4.67(s)

第3章. 直连网络

3.1 比特填充

[3-1] 发送的二进制比特序列为 0110 1111 1111 1100，如果封装在 HDLC 的数据字段中，经过“0 比特插入”处理之后的二进制序列应该是什么？

答案：插入后的二进制比特序列是 0110 1111 1011 1110 00。

[3-2] 接收 HDLC 的数据字段二进制比特序列为 0001 1101 1111 0111 1101 10，经过“0 比特删除”处理之后的二进制序列应该是什么？

答案：插入后的二进制比特序列是 0001 1101 1111 1111 1110。

[3-3] PPP 协议使用同步传输技术传送比特串 0110 1111 1111 1100。试问经过零比特填充后变成怎样的比特串若接收端收到的 PPP 帧的数据部分是 0001 1101 1111 0111 10110，问删除发送端加入的零比特后变成怎样的比特串？

答案：0001 1101 1111-11111-110。

3.2 CRC 校验

[3-4] 如果发送数据比特序列为 11110011，生成多项式比特序列为 11001。请回答以下问题
(1) 计算 CRC 校验序列。
(2) 给出发送方发送到接收方的比特序列。

答案：

- (1) CRC 校验码为 1110。
- (2) 发送带有校验码的比特序列是 11110011|1110。

[3-5] 要发送的数据为 101110。采用 CRC 的生成多项式是 $P(x)=x^3+1$ 。试求应添加在数据后面的余数。

答案：CRC 校验码为 011。

[3-6] 假设我们想要传输消息 11001001，并用 CRC 多项式 $x^3 + 1$ 防止它出错。

- (a) 使用多项式长除法确定应传输的消息。
(b) 假设由于传输链路上的噪声使得消息最左端的比特发生反转。接收方的 CRC 的计算结果是什么？接收方如何知道发生了一个差错？

答案：

- (a) 11001001|011。
(b) 余数为 010 不能整除，即可判断出错

3.3 可靠传输机制

[3-7] 考虑为连接至月球的一条 2Mbps 点到点链路设计一个滑动窗口协议，其中单程时延是 1.25s，每帧携带 1KB 数据，最少需要多少比特作为序号？

答案： 采用 RTT，时延带宽积为 $2\text{Mbps} \times 2.5\text{s} \approx 610.35\text{KB}$ ，即 611 个分组。发送窗口大小需要至少与之相等，序号空间必须两倍于此，即 1222。 $2^{10} \leq 1222 \leq 2^{11}$ ，因此最少需要 11 比特作为序号

[3-8] 在数据传输速率为 100Kbps 的卫星链路上传输长度为 1000bit 的帧。如果采取捎带确认的方法，帧序列号长度为 3bit，接收方也用同样长度的数据帧捎带确认。请计算下面两种情况下的最大信道利用率。（卫星通信两个地面站的单向信号传播时延是 270ms）

- (1) 停止-等待协议。 (2) 连续传输协议。

答案：

- (1) 3.57%
(2) 12.90%


[3-9] 采取后退 N 帧 GBN 的拉回重发协议中，发送方已经发出编号为 0~5 的帧，当计时器超时，只收到接收方对 0、1、3、4 号帧的确认。那么发送方需要重发哪几个帧？

答案： 重发 5 号帧。

[3-10] 采取选择重传 SR 协议中，发送方发出编号为 0~5 的帧，只收到接收方对 1 号帧的确认，0、2 号帧依次超时。那么发送方需要重发哪个或几个帧？

答案： 重发 0、2 号帧。

[3-11] 采取选择重传 GBN 协议中, 数据传输速率为 16kbps, 单向传播延时为 270ms, 数据帧长度范围为 128~512B; 接收方总是以等长的帧回复确认。为了使信道利用率达到最高, 帧序号的比特位至少为多少?

答案:  数据帧长度取最小值 128B 时, 可发送的数据帧为 10 帧, 信道利用率达到最高时的帧序号的比特位长度为 4。

3.4 传统以太网

[3-12] 假定 1km 长的 CSMA/CD 网络(共享式以太网)的数据率为 1Gb/s。设信号在网络上的传播速率为 200000km/s。求能够使用此协议的最短帧长。

答: 最短帧长为 10000bit, 或 1250 字节。

[3-13] 在采用 CSMA/CD 算法的局域网中, 如果总线长度为 2000m, 电磁波传播速度为 2×10^8 m/s。主机 A 与 B 分别连接在总线的两端。

(1) 如果出现冲突, 主机 A 与主机 B 能够检测到冲突的最短时间为多少? 最长时间为多少?

(2) 如果没有出现冲突, 主机 A 总是以最大帧长度 (1518B) 向主机 B 发送数据帧, 主机 B 每接收到一个数据帧立即向主机 A 发送 64B 的确认帧; 主机 A 在接收到确认帧之后才可以发送下一帧。求: 主机 A 每秒钟发送多少个数据帧有效数据传输速率是多少?

答案:

(1) 最短可以检测到冲突的情况即 A 主机和 B 主机在总线两端同时向网络中段发送数据帧, 在网络中段冲突, 检测冲突的时间为 5us; 最长可以检测到冲突的情况即来自于 A 主机的数据帧在快抵达 B 主机时才冲突, 检测冲突的时间为 10us。

(2) 主机 A 每秒钟发送 784 帧, 有效发送速率约等于 9.41Mbps。

[3-14] 如果在一个 Ethernet 网中, 连接多台计算机的是一条同轴电缆。光速在同轴电缆中的传播速度为 2×10^8 m/s。网卡的发送速率为 1Gbps。如果最小帧长度减小 600bit。那么连接在同轴电缆两端的计算机之间的距离是增加还是减小? 变化量为多少米?

答案: 

当网卡发送速率不变, 减小最小帧长度 600bit, 对应的总线长度也要相应减少, 减少的值为 60m。

第4章. 分组交换网络

4.1 以太网网桥

[4-1] 图 T-3-34 表示有六个站分别连接在三个局域网，并且用网桥 B1 和 B2 连接起来。每一个网桥都有两个接口（1 和 2）。在一开始，两个网桥中的转发表都是空的。以后有以下各站向其他的站发送了数据帧 B 发送给 A，E 发送给 D，C 发送给 E，A 发送给 B，F 发送给 E。试把有关数据填写在表中。

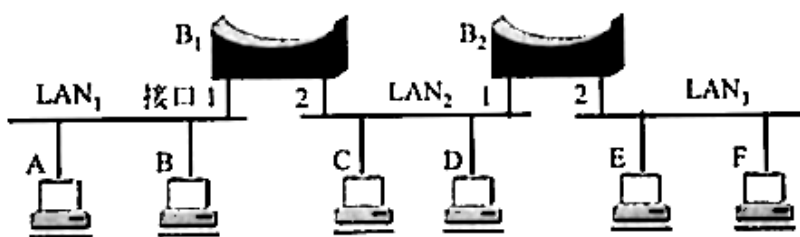
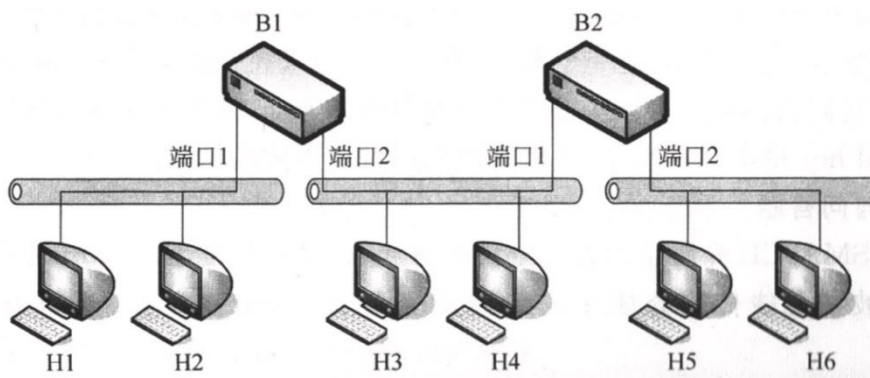


图 T-3-34 两个网桥连接了三个局域网（六个站）

答案：

发送的帧	B1 的转发表		B2 的转发表		B1 的处理	B2 的处理
	地址	接口	地址	接口		
B->A	B	1	B	1	转发，写入转发表	转发，写入转发表
E->D	E	2	E	2	转发，写入转发表	转发，写入转发表
C->E	C	2	C	1	写入转发表，丢弃不转发	转发，写入转发表
A->B	A	1			写入转发表，丢弃不转发	--
F->E			F		--	写入转发表，丢弃不转发

[4-2] 如图所示的网络结构中，6 台主机通过透明网桥 B1、B2 连接在互联的局域网中。网桥初始转发表是空的。假设主机发送帧的顺序是：H1 发送给 H5、H5 发送给 H4、H3 发送给 H6、H2 发送给 H4、H6 发送给 H2、H4 发送给 H3。请根据网桥自学习的原理完成网桥 B1 与 B2 的转发表。



答案:

根据网桥自学习的原理，如果网络现在能够从端口 x 收到从源地址为 A 的主机发送的数据帧，那么以后就可以从端口 x 转发目的地址为 A 的数据帧。网桥建立相应的转发表，记录“主机-端口”的映射关系。

B1 的转发表

序号	目的地	端口
1	H1	1
2	H5	2
3	H3	2
4	H2	1
5	H6	2
6	H4	2

B2 的转发表

序号	目的地	端口
1	H1	1
2	H5	2
3	H3	1
4	H2	1
5	H6	2
6	H4	1

4.2 交换式以太网

[4-3] 有 10 个站连接到以太网上。试计算以下三种情况下每一个站所能得到的带宽。

(1) 10 个站都连接到一个 10Mb/s 以太网集线器；(2) 10 个站都连接到一个 100Mb/s 以太网集线器；(3) 10 个站都连接到一个 10Mb/s 以太网交换机。

答：

(1) 假定以太网的利用率基本上达到 100%，10 个站共享 10Mbps，即平均每一个站可以得到 1Mbps 的带宽；

(2) 假定以太网的利用率基本上达到 100%，10 个站共享 100Mbps，即平均每一个站可以得到 10Mbps 的带宽；

(3) 假定交换机的总带宽为不少于 100Mbps，每一个站点独占交换机的一个接口带宽 10Mbps。

第5章. 网络互联

5.1 IP 数据报分片

[5-1] 一个数据报长度为 4000 字节（固定首部长度）。现在经过一个网络传送，但此网络能够传送的最大数据长度为 1500 字节。试问应当划分为几个短些的数据报片各数据报片的数据字段长度、片偏移字段和 MF 标志应为何数值？

答案:

IP 协议固定首部长度 20 字节，则待发送的数据长度为 $4000-20=3980$ 字节，在该网络中每个 MTU 可以包括的数据长度为 $1500-20=1480$ 字节

划分为 3 个数据报片，其数据字段长度分别为 1480, 1480 和 1020 字节。

IP 数据报分片的偏移字段的值分别为 0, $1480/8=185$ 和 $2 \times 1480/8 = 370$

分片标志 MF(More Fragment)字段的值分别为 1, 1 和 0。

[5-2] TCP 用户数据长度为 8192B，通过 Ethernet 传送。问是否应该分片如果需要分片，应该分几个分片？写出每个分片的数据字段长度与片偏移值。

答案：

TCP 协议固定首部长度 20 字节，则待发送的数据长度为 $8192+20=8212$ 字节；IP 协议固定首部长度 20 字节，在以太网中每个 MTU 可以包括的数据长度为 $1500-20=1480$ 字节；

可以分为 6 个分片，前 5 个长度为 1480B，第 6 个 812B：

IP 数据报分片的偏移字段的值分别为 0, $1480/8=185$, $2 \times 1480/8 = 370$, $3 \times 1480/8 = 555$, $4 \times 1480/8 = 740$, $5 \times 1480/8 = 925$

[5-3] 一个 3200 位长的 TCP 报文传到 IP 层，加上 160 位的首部后成为数据报。下面的互联网由两个局域网通过路由器连接起来。但第二个局域网所能传送的最长数据帧中的数据部分只有 1200 位。因此数据报在路由器必须进行分片。试问第二个局域网向其上层要传送多少比特的数据？

答：

TCP 数据段总长度 3200 比特；IP 协议固定首部长度 20 字节，即 160 比特，在局域网中的每个 MTU 可以包括的数据长度为 $1200-160=1040$ 比特；

可以分为 4 个分片，前 3 个长度为 1040 比特，第 4 个为 80 比特；

收到的数据报分片的总长度为 $3200+160 \times 4=3840$ 比特

5.2 IP 地址及其划分

[5-4] 试辨认以下 IP 地址的网络类别。

- (1) 128.36.199.3
- (2) 21.12.240.17
- (3) 183.194.76.253
- (4) 192.12.69.248
- (5) 89.3.0.1
- (6) 200.3.6.2

答案：

(2)和(5)是 A 类。因为第一位（类别位）是 0

- (1)和(3)是B类。因为前两位（类别位）是 10
 (4)和(6)是C类。因为前三位（类别位）是 110。

[5-5] 已知 A、B、C、D 共 4 台主机的 IP 地址分别为 210.20.1.112、210.20.1.120、210.20.1.135、210.20.1.202，子网掩码为 255.255.255.224。

求解：

- (1) 4 台主机中哪些可以直接通信哪些需要通过路由器才可以通信？
- (2) 增加的主机 E 要与主机 D 直接通信，主机 E 的 IP 地址应该在哪个范围之内？
- (3) 如果要使所有的主机都能够直接通信，需要对网络地址做什么样的调整？

答案：

- (1) 主机 A、B 在一个子网中，可以直接通信。主机 A、B 与主机 C 或主机 D，以及主机 C 与主机 D 之间不能直接通信，要通过路由器转发。
- (2) 主机 E 的 IP 地址范围:201.20.1.192~201.20.1.222(不包括 210.20.1.202)。
- (3) 掩码为 255.255.255.0，4 台主机之间可以直接通信。

[5-6] 如果将 192.12.66.128/25 划分为三个子网，其中子网 1 可以容纳 50 台计算机，子网 2 和子网 3 分别容纳 20 台计算机，要求网络地址从小到大依次分配给三个子网，请写出三个子网的掩码与可用的 IP 地址段。

答案：

子网名称	子网	子网掩码	可用主机地址数量	主机地址范围
子网 1	192.12.66.128/26	255.255.255.192	61	192.12.66.129 – 192.12.66.190
子网 2	192.12.66.192/27	255.255.255.224	29	192.12.66.193 – 192.12.66.222
子网 3	192.12.66.224/27	255.255.255.224	29	192.12.66.225 – 192.12.66.254

[5-7] 某机构下属 A、B、C、D、E 五个部门，分别有 175、110、52、23、16 台主机。现有 IP 地址块 192.1.2.0/23，需要将其划分用于五个部门的子网编址。给出一种满足上述要求的子网地址划分方案。

答案：

方案一

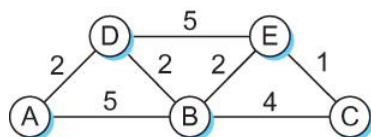
子网	主机数	比特数	网络号第 3、4 字节	网络号	网络掩码
A	175	8	0000 001 <u>0</u> .0000 0000	192.1.2.0/24	255.255.255. <u>0</u>
B	110	7	0000 001 <u>1</u> .0000 0000	192.1.3.0/25	255.255.255. <u>128</u>
C	52	6	0000 001 <u>1</u> . <u>10</u> 00 0000	192.1.3.128/26	255.255.255. <u>192</u>
D	23	5	0000 001 <u>1</u> . <u>11</u> 00 0000	192.1.3.192/27	255.255.255. <u>224</u>
E	16	5	0000 001 <u>1</u> . <u>11</u> 10 0000	192.1.3.224/27	255.255.255. <u>224</u>

方案二

子网	主机数	比特数	网络号第 3、4 字节	网络号	网络掩码
A	175	8	0000 001 <u>1</u> .0000 0000	192.1.3.0/24	255.255.255. <u>0</u>
B	110	7	0000 001 <u>0.1</u> 000 0000	192.1.2.128/25	255.255.255. <u>128</u>
C	52	6	0000 001 <u>0.01</u> 00 0000	192.1.2.64/26	255.255.255. <u>192</u>
D	23	5	0000 001 <u>0.001</u> 0 0000	192.1.2.32/27	255.255.255. <u>224</u>
E	16	5	0000 001 <u>0.0000</u> 0000	192.1.2.0/27	255.255.255. <u>224</u>

[5-8] 对于下图所示网络，给出下列情况下的全局距离向量表：

- (a) 每个节点只知道自己至直接邻居节点的距离。
 (b) 每个节点将上一步获知的信息告知其邻居节点。
 (c) 步骤(b)再次执行。



答案

(a) 初始阶段的全局距离向量表

存放节点	至节点的距离				
	A	B	C	D	E
A	0	5	∞	2	∞
B	5	0	4	2	2
C	∞	4	0	∞	1
D	2	2	∞	0	5
E	∞	2	1	5	0

(b) 经过一轮交换后的全局距离向量表

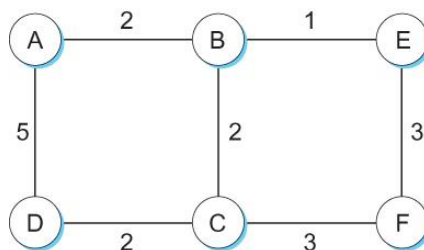
存放节点	至节点的距离				
	A	B	C	D	E
A	0	4	9	2	7
B	4	0	3	2	2
C	9	3	0	6	1
D	2	2	6	0	4
E	7	2	1	4	0

(c) 再经过一轮交换后的全局距离向量表

存放节点	至节点的距离				
	A	B	C	D	E
A	0	4	7	2	6
B	4	0	3	2	2
C	7	3	0	5	1

D	2	2	5	0	4
E	6	2	1	4	0

[5-9] 对于下图所示网络，给出节点 A 运行前向搜索算法计算其路由表的步骤。



答案

根据前向搜索法的计算过程为：

步骤	确认表	临时表
1	(A, 0, -)	
2	(A, 0, -)	(B, 2, B) (D, 5, D)
3	(A, 0, -) (B, 2, B)	(D, 5, D)
4	(A, 0, -) (B, 2, B)	(C, 4, B) (D, 5, D) (E, 3, B)
5	(A, 0, -) (B, 2, B) (E, 3, B)	(C, 4, B) (D, 5, D)
6	(A, 0, -) (B, 2, B) (E, 3, B)	(C, 4, B) (D, 5, D) (F, 6, B)
7	(A, 0, -) (B, 2, B) (E, 3, B) (C, 4, B)	(D, 5, D) (F, 6, B)
8	(A, 0, -) (B, 2, B) (E, 3, B) (C, 4, B)	(D, 5, D) (F, 6, B)
9	(A, 0, -) (B, 2, B) (E, 3, B) (C, 4, B) (D, 5, D)	(F, 6, B)
10	(A, 0, -) (B, 2, B) (E, 3, B) (C, 4, B) (D, 5, D)	(F, 6, B)
11	(A, 0, -) (B, 2, B) (E, 3, B) (C, 4, B) (D, 5, D) (F, 6, B)	

节点 A 的路由表为：

下一跳	代价	转发
A	0	-
B	2	B
E	3	B
C	4	B
D	5	D
F	6	B

[5-10] 一个自治系统有 5 个局域网，其连接图如图 T-4-29 示。LAN2 至 LAN5 上的主机数分别为 91，150，3 和 15。该自治系统分配到的 IP 地址块为 30.138.118/23。试给出每一个局域网的地址块（包括前缀）。

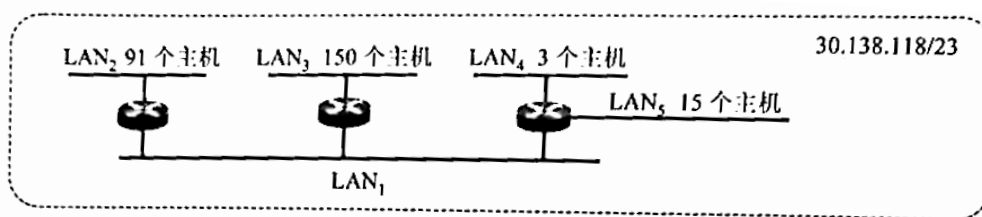


图 T-4-29 包含有 5 个局域网的自治系统

答案：可以有多组答案：

第一组：	第二组：
LAN1: 30.138.119.192/29	LAN1: 30.138.118.192/27
LAN2: 30.138.119.0/25	LAN2: 30.138.118.0/25
LAN3: 30.138.118.0/24	LAN3: 30.138.119.0/24
LAN4: 30.138.119.200/29	LAN4: 30.138.118.224/27
LAN5: 30.138.119.128/26	LAN5: 30.138.118.128/27

[5-11] 某个公司申请了一个整个 C 类 202.60.31.0 的 IP 地址空间。该公司有 100 名员工在销售部工作，50 名员工在财务部门工作，50 名员工在设计部门工作。要求为销售部门、财务部门与设计部门分别组建子网。请按照用户需求划分地址范围。

答案：三个部门的 IP 地址需求为 100，50，50。考虑到公司一般有上网需求，加上网络地址、广播地址、默认网关(路由器)地址，其 IP 地址需求总数为 103，53，53。可以分为 3 个子网 IP 地址空间，IP 地址数量分别为 128，64，64。

采用变长子网的划分的三个子网的 IP 地址分别为：

- (1) 子网 1 地址空间为 202.60.31.1~202.60.31.126，子网掩码为 255.255.255.128 (或/25)
- (2) 子网 2 地址空间为 202.60.31.129~202.60.31.190，子网掩码为 255.255.255.192 (或/26)
- (3) 子网 3 地址空间为 202.60.31.193~202.60.31.254，子网掩码为 255.255.255.192 (或/26)

子网 1 允许使用的主机号为 125 个；子网 2 与子网 3 可以使用的主机号均为 61 个。

[5-12] 一个 ISP 有一个 B 类地址，基于 CIDR 方法将一部分地址分配给一家新公司。新公司网络中的三个部门的机器需要 IP 地址：工程部、市场部和销售部。这三个部分计划中的增长如下：工程部在第一年开始时有 5 台机器，伺候每周增加一台；市场部最多需要 16 台机器；销售部的每两个客户需要一台机器。第一年开始时，公司没有客户，但是销售模式指出第二年开始，公司将有 6 个客户，并且，此后每周增加一个新客户的概率为 60%，失去一个客户的概率为 20%，或者以 20% 的概率维持原数目不变。

- (a) 如果市场部使用它所有的 16 个地址，并且销售部和工程部向计划预期的那样，那么，至少在 7 年内，支持此公司增长的计划的地址范围是什么？
- (b) 这样的地址分配可以维持多长时间？当公司的地址空间用完时，如何给三个部门分配地址？
- (c) 如果在 7 年内不使用 CIDR 编址方法，那么，新公司还有什么得到地址空间的选择？

答案：

(a) 总的机器数要求为 $369 + 16 + 66 = 451$ 个主机，因此这家新公司需要范围 512 的 IP 地址

(b) 工程部 421，市场部 16，销售部 75

(c) 一个 B 类或两个 C 类网络地址

[5-13] 有如下的 4 个/24 地址块，试进行最大可能的聚合。

212.56.132.0/24

212.56.133.0/24

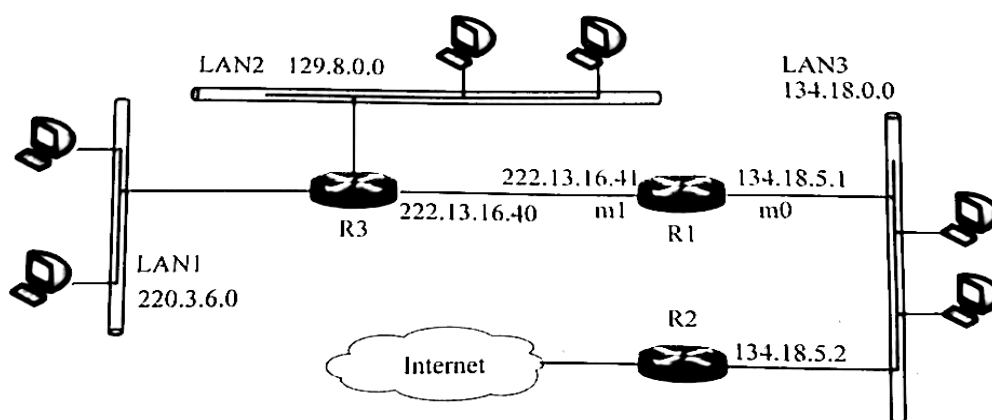
212.56.134.0/24

212.56.135.0/24

答案：最大可能的聚合的 CIDR 地址块是 212.56.132.0/22

5.3 路由与路由器

[5-14] 根据下图所示的网络结构与地址，构造路由器 R1 的路由表。



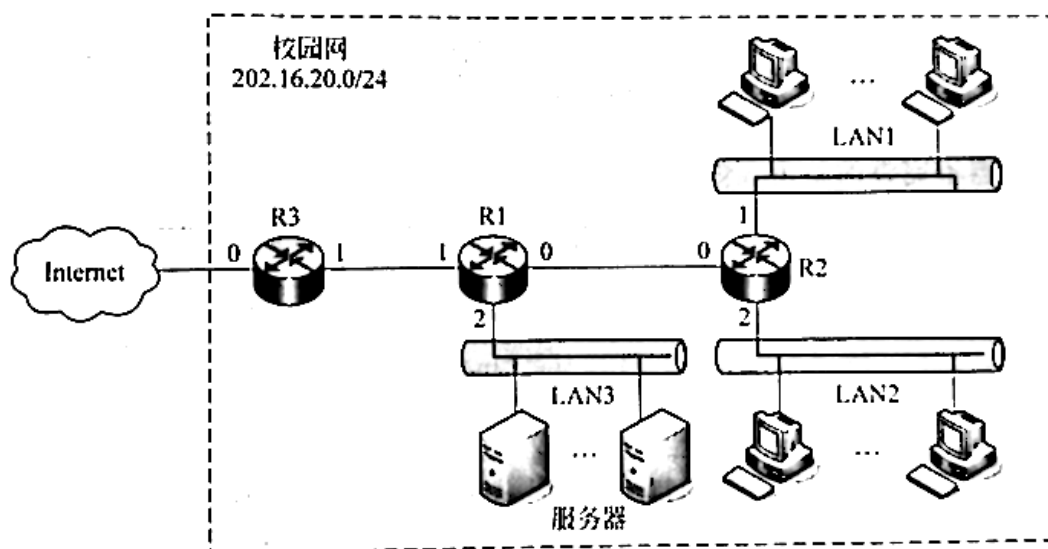
答案：

R1 路由表：

目的地址	掩码	下一跳地址	转发端口
134.18.0.0	255.255.0.0	-	m0
129.8.0.0	255.255.0.0	222.13.15.40	m1
220.3.5.0	255.255.255.0	222.13.15.40	m1
0.0.0.0	0.0.0.0	134.18.5.2	m0

[5-15] 下图给出了一个小型校园网的网络结构。已知：校园网获得了一个 202.15.20.0/24 的 C 类 IP 地址：LAN1、LAN2 与 LAN3 各有最多为 60 台计算机或服务器；路由器 3 通过市教育科研网中心接入 Internet。回答以下问题：

- (1) 子网划分后的 LAN1、LAN2、LAN3 的主机 IP 地址范围。
- (2) 路由器 R2 的路由表。
- (3) 路由器 R1 聚合后的路由表。



答案：

考虑到上网需求，每个局域网至少需要 61 个 IP 地址；同时还需要为路由器的连接链路分配 IP 地址。可以区分为 202.15.20.0/26, 202.15.20.64/26, 202.15.20.128/26, 202.15.20.192/26 四个网段，前三个分别给 LAN1~LAN3，第四个进一步细分给 R1-R2 和 R1-R3 的串行链路。

LAN1~LAN3 相关路由器的接口 IP 地址可以分配为：

LAN1 中的 202.15.20.1/26 分配给路由器 R2 的接口 1；

LAN2 中的 202.15.20.65/26 分配给路由器 R2 的接口 2；

LAN1 中的 202.15.20.129/26 分配给路由器 R1 的接口 2；

第四个网段细分的两个子网，202.15.20.192/30, 202.15.20.252/30，分别给 R1-R3 的链路、R1-R2 的链路，相关路由器的接口 IP 地址可以分配为：

202.15.20.193/30 给 R1 的接口 1, 202.15.20.194/30 给 R3 的接口 1；

202.15.20.253/30 给 R1 的接口 0, 202.15.20.254/30 给 R2 的接口 0；

(1) 子网划分后的 LAN1、LAN2、LAN3 的主机 IP 地址范围：

LAN1 地址范围为 202.15.20.1~202.15.20.62。

LAN2 地址范围为 202.15.20.65~202.15.20.126。

LAN3 地址范围为 202.15.20.129~202.15.20.190。

(2) 路由器 R2 的路由表。

目的地址	掩码	下一跳地址	转发端口
202.15.20.0	255.255.255.192	直接连接	1

202.15.20.64	255.255.255.192	直接连接	2
202.15.20.128	255.255.255.192	202.15.20.253	0
0.0.0.0	0.0.0.0	202.15.20.253	0

(3) 由于 LAN1 的地址为 202.15.20.0/26, LAN2 的地址为 202.15.20.64/26, 需要对它们进行地址汇聚。汇聚后的网络前缀长度应该为 25, 对应的掩码为 255.255.255.128。

路由器 R1 的路由表。

目的地址	掩码	下一跳地址	转发端口
202.15.20.0	255.255.255.128	202.15.20.254	0
202.15.20.128	255.255.255.192	直接连接	2
0.0.0.0	0.0.0.0	202.15.20.194	1

[5-16] 路由器不完整的路由表如下表所示。

目的地址	掩码	下一跳	转发端口
174.11.64.0	255.255.240.0	R1 端口 1	端口 2
176.11.16.0	255.255.240.0	直接交付	端口 1
176.11.32.0	255.255.240.0	直接交付	端口 2
176.11.48.0	255.255.240.0	直接交付	端口 3
0.0.0.0	0.0.0.0	R2 端口 2	端口 1

路由器 R 接收到以下分别发往 6 个目的主机的分组。

H1: 21.13.24.78

H2: 176.11.64.129

H3: 176.11.35.72

H4: 176.11.31.168

H5: 176.11.60.239

H6: 192.36.8.73

回答以下问题:

(1)表中序号 1~4 的目的地址属于哪类网络它们是由哪个网络中划分出来的?

(2)若路由器 R1 端口 1 与路由器 2 端口 2 连接了主机号均为 5, 它的 IP 地址是什么?

(3)H1 到 H6 的下一跳地址分别是什么?

答案: (1)表中序号 1~4 的目的地址 176.11.64.0、176.11.16.0、176.11.32.0 与 176.11.48.0 都属于 B 类地址, 掩码为 255.255.0.0, 因此它们是由 176.11.0.0 划分出来的。

(2)R1 端口 1 的地址是 176.11.32.5。R2 的端口 2 的地址为 176.11.16.5。

(3)H1: 21.13.24.78 下一跳为 R2 的端口 2, 下一跳 IP 地址为 176.11.16.5。

H2: 176.11.64.129 下一跳为 R1 的端口 1, 下一跳 IP 地址为 176.11.32.5。

H3: 176.11.35.72 由 R 端口 2 直接交付。
 H4: 176.11.31.168 由 R 端口 1 直接交付。
 H5: 176.11.60.239 由 R 端口 3 直接交付。
 H6: 192.36.8.73 下一跳为 R2 的端口 2，下一跳 IP 地址为 176.11.16.5。

[5-17] 如图所示，网络 145.13.0.0/16 划分为四个子网 N1, N2, N3 和 N4。这四个子网与路由器 R 连接的接口分别是 m0, m1, m2 和 m3。路由器 R 的第五个接口 m4 连接到因特网。

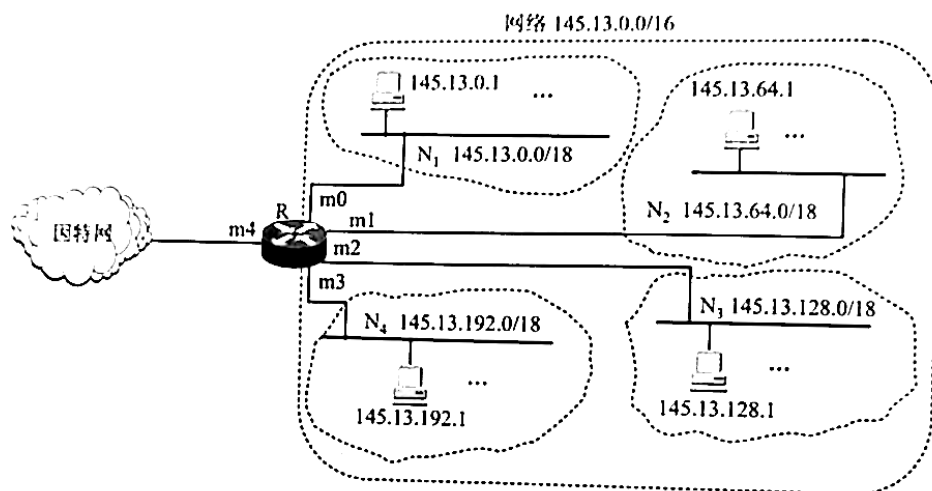


图 T-4-55 网络 145.13.0.0/18 划分为四个子网 N1, N2, N3 和 N4

- (1) 试给出路由器 R 的路由表。
- (2) 路由器 R 收到一个分组。其目的地址是 145.13.160.78。试给出这个分组是怎样被转发的。

答案：

- (1) R 的路由表为

目的地址	掩码	下一跳	转发接口
145.13.0.0	255.255.192.0	直接交付	接口 m0
145.13.64.0	255.255.192.0	直接交付	接口 m1
145.13.128.0	255.255.192.0	直接交付	接口 m2
145.13.192.0	255.255.192.0	直接交付	接口 m3
0.0.0.0	0.0.0.0	默认路由器	接口 m4

- (2) 收到的分组从路由器的接口 m2 转发，实际上就是直接交付连接在这个网络上的目的主机。

第6章. 网络高级互联

第7章. 传输层

7.1 TCP 协议

[7-1] 主机 A 与主机 B 建立了 TCP 连接。主机 A 向主机 B 连续发送 3 个 TCP 报文段，长度分别为 100B、200B、300B，第一个报文段的序列号为 201，主机 B 在正确接收 3 个报文段之后，发送给主机 A 的确认序列号应该为多少？

答案：主机 B 发送的确认序号为期待接收的下一个报文段的起始字节序号， $201 + 100 + 200 + 300 = 801$ 。故确认号为 801

[7-2] 通信信道带宽为 1Gbps，端-端延时为 10ms，TCP 发送窗口为 65535B，传输信道不产生差错。求该 TCP 连接可能达到最大的吞吐率，以及信道利用率。



答案：最大吞吐率为 26.214Mbps，信道利用率约为 2.62%。

[7-3] 主机 A 向主机 B 建立了一个 TCP 连接，主机 A 连续向主机 B 发送了 200B、300B 与 400B 共 3 个报文段。第 3 个报文段的序号是 900。如果主机 B 正确地接收到第 1 和第 3 个报文段，那么主机 B 向主机 A 发送的确认序号应该是多少

答案：主机 B 期待接收第 2 个报文段。第 2 个报文段的起始字节序号为 $900 - 300 = 600$ 。故确认号为 600。

[7-4] 主机 A 向主机 B 连续发送了两个 TCP 报文段，其序号分别是 70 和 100。试问：

- (1) 第一个报文段携带了多少字节的数据？
- (2) 主机 B 收到第一个报文段后，发回的确认中的确认号应当是多少？
- (3) 如果 B 收到第二个报文段后，发回的确认中的确认号是 180，试问 A 发送的第二个报文段中的数据有多少字节？
- (4) 如果 A 发送的第一个报文段丢失了，但第二个报文段到达了 B。B 在第二个报文段到达后向 A 发送确认。试问这个确认号应为多少？

答案：

- (1) 第一个报文段的数据序号是 70 到 99，共 30 字节的数据。
- (2) B 期望收到下一个报文段的第一个数据字节的序号是 100，因此确认号应为 100。
- (3) A 发送的第二个报文段中的数据中的字节数是 $180 - 100 = 80$ 字节。
- (4) B 在第二个报文段到达后向 A 发送确认，其确认号应为 70。

第8章. 拥塞控制

[8-1] 主机 A 与主机 B 的 TCP 连接的 MSS=1000B。主机 A 当前的拥塞窗口为 4000B，主机 A 连续发送了 2 个最大报文段后，主机 B 返回了对第 1 个报文的确认，确认段中通知的接收窗口大小为 2000B。那么，这时主机 A 最多还能够发送多少个字节？

答案：1000B

[8-2] 设 TCP 的 ssthresh 的初始值为 8（单位为报文段）。当拥塞窗口上升到 12 时网络发生了超时，TCP 使用慢开始和拥塞避免。试分别求出第 1 轮次到第 15 轮次传输的各拥塞窗口大小。说明拥塞窗口每一次变化的原因

解答：

轮次	拥塞窗口	拥塞窗口变化的原因
1	1	网络发生了超时，TCP 使用慢开始算法
2	2	拥塞窗口值加倍
3	4	拥塞窗口值加倍
4	8	拥塞窗口值加倍，这是 ssthresh 的初始值
5	9	TCP 使用拥塞避免算法，拥塞窗口值加 1
6	10	TCP 使用拥塞避免算法，拥塞窗口值加 1
7	11	TCP 使用拥塞避免算法，拥塞窗口值加 1
8	12	TCP 使用拥塞避免算法，拥塞窗口值加 1
9	1	网络发生了超时，TCP 使用慢开始算法
10	2	拥塞窗口值加倍
11	4	拥塞窗口值加倍
12	6	拥塞窗口值加倍，但到达 12 的一半时，改为拥塞避免算法
13	7	TCP 使用拥塞避免算法，拥塞窗口值加 1
14	8	TCP 使用拥塞避免算法，拥塞窗口值加 1
15	9	TCP 使用拥塞避免算法，拥塞窗口值加 1

[8-3] 一个 TCP 连接采用慢开始算法进行拥塞控制。它的最大段长度为 1KB，发送端一直有数据要发送。在拥塞窗口为 16KB 时发生了超时，如果接下来的 4 个 RTT 时间内的 TCP 端传输都成功，那么当第 4 个 RTT 时间内发送的所有 TCP 段都得到肯定的应答。请问拥塞窗口是多少？

答案：前 3 个 RTT 经过慢启动指数增加达到 8KB，第 4 个 RTT 拥塞避免线性增加达到 9KB，故而拥塞窗口为 9KB

[8-4] TCP 的拥塞窗口 cwnd 大小与传输轮次 n 的关系如下表所示：

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
cwnd	1	2	4	8	16	32	33	34	35	36	37	38	39
n	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
cwnd	40	41	42	21	22	23	24	25	26	1	2	4	8

- (1) 试画出拥塞窗口与传输轮次的关系曲线。
- (2) 指明 TCP 工作在慢开始阶段的时间间隔。
- (3) 指明 TCP 工作在拥塞避免阶段的时间间隔。
- (4) 在第 16 轮次和第 22 轮次之后发送方是通过收到三个重复的确认，还是通过超时检测到丢失了报文段
- (5) 在第 1 轮次、第 18 轮次和第 24 轮次发送时，门限 ssthresh 分别被设置为多大
- (6) 在第几轮次发送出第 70 个报文段
- (7) 假定在第 26 轮次之后收到了三个重复的确认，因而检测出了报文段的丢失，那么拥塞窗口 cwnd 和门限 ssthresh 应设置为多大

答案：(1) 拥塞窗口与传输轮次的关系曲线如图所示。

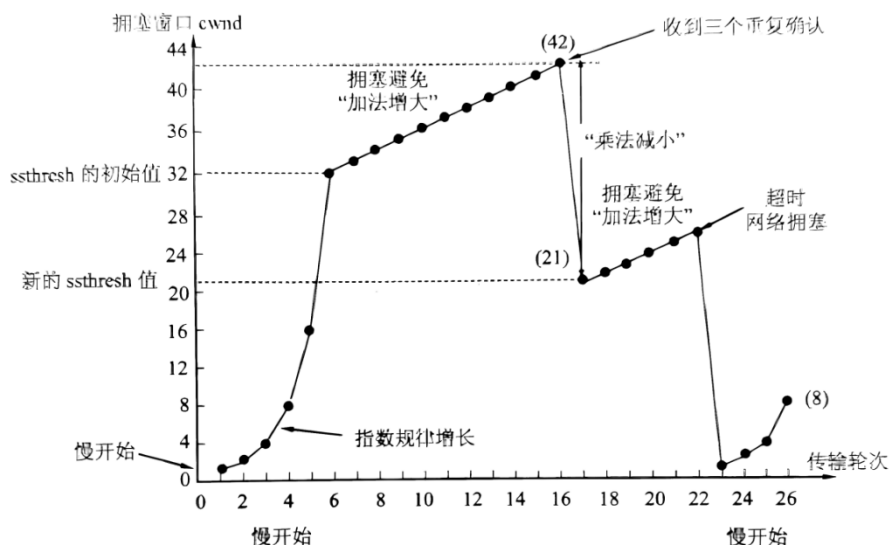


图 T-5-39 拥塞窗口与传输轮次的关系曲线

- (2) 慢启动时间间隔：[1,6]和[23,26]。
- (3) 拥塞避免时间间隔：[6,16]和[17,22]。
- (4) 在第 16 轮次之后发送方通过收到三个重复的确认，检测到丢失了报文段，下一个轮次的拥塞窗口减半了。在第 22 轮次之后发送方是通过超时检测到丢失了报文段，下一个轮次的拥塞窗口下降到 1 了。
- (5) 在第 1 轮次发送时，门限 ssthresh 被设置为 32，因为从第 6 轮次起就进入了拥塞避免状态，拥塞窗口每个轮次加 1。在第 18 轮次发送时，门限 ssthresh 被设置为发生拥塞时拥塞窗口 42 的一半，即 21。在第 24 轮次发送时，门限 ssthresh 被设置为发生拥塞时拥塞窗口 26 的一半，即 13。

(6)第 1 轮次发送报文段 1。(cwnd=1)
第 2 轮次发送报文段 2, 3。(cwnd=2)
第 3 轮次发送报文段 4~7。(cwnd=4)
第 4 轮次发送报文段 8~15。(cwnd=8)
第 5 轮次发送报文段 16~31。(cwnd=16)
第 6 轮次发送报文段 32~63。(cwnd=32)
第 7 轮次发送报文段 64~94。(cwnd=33)
因此第 70 报文段在第 7 轮次发送出。

(7) 检测出了报文段的丢失时拥塞窗口 cwnd 是 8, 因此拥塞窗口 cwnd 的数值应当减半, 等于 4, 而门限 ssthresh 应设置为检测出报文段丢失时拥塞窗口 8 的一半, 即 4。

[8-5] 假设 TCP 实现一个扩展, 允许窗口大小远大于 64KB。假定你用这一扩展 TCP 在一条延迟为 100 毫秒(往返时延)的 1Gbps 链路上传送一个 10MB 的文件, 而且 TCP 接收窗口为 1MB。如果 TCP 发送 1KB 的分组 (假设无拥塞, 无丢失分组):

- (a) 当慢启动打开发送窗口达到 1MB 时用了多少 RTT?
- (b) 发送该文件用了多少 RTT?
- (c) 如果发送文件的时间由所需的 RTT 的数量与链路延迟的乘积给出, 传输的有效吞吐量是多少? 链路带宽的利用率是多少?

答案: 

- (a) 经过 10 个 RTT 后, TCP 发送窗口达到 1MB
- (b) 拥塞控制的慢启动阶段 10 个 RTT; 达到接收窗口后, 之后流量控制起作用, 又经过 10 个 RTT, 累计 20 个 RTT 完成传输
- (c) 该过程的有效吞吐量为 41.94(Mbps), 带宽利用率 4.19%

第9章. 应用层

[9-1] 假定在浏览器中点击一条链接以获得对应 Web 页面, 其 URL 的 IP 地址及协议端口信息在本地没有缓存, 因此需要 DNS 查询以获得相关地址信息。如果运行浏览器的本地主机从 DNS 得到地址信息之前已经访问了 n 个 DNS 服务器, 相继产生的 RTT 依次为 RTT_1 、 \dots 、 RTT_n 。进一步假定该链接对应 Web 页面只包含一个对象, 由少量 HTML 文本组成。令 RTT_0 表示本地主机和包含请求对象的服务器之间的 RTT 值。假定该 Web 对象传输时间为零, 从点击该链接到接收到该对象需要多长时间?

答案: 获取服务器 IP 地址及协议端口号所需时间为

$$RTT_1 + RTT_2 + \dots + RTT_n$$

其后建立 TCP 连接、请求及接收小 Web 对象所需时间均为 RTT_0 。因此所需总时长为:

$$RTT_1 + RTT_2 + \dots + RTT_n + 2RTT_0$$