

基本概念

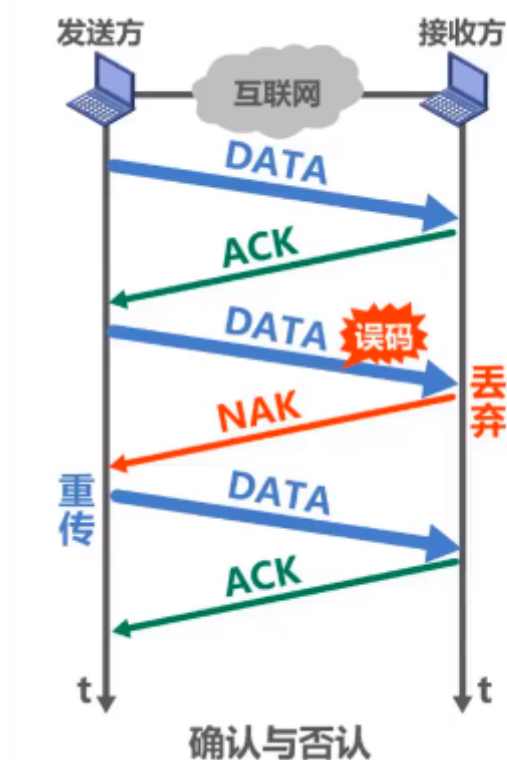
- 不可靠传输服务：仅仅丢弃有误码的帧，其他什么也不做
- 可靠传输服务：发送端发送什么，接收端就收到什么

一般情况下，有线链路的误码率比较低，为了减小开销，并不要求数据链路层向上提供可靠传输服务。

而无线链路易受干扰，误码率比较高，因此要求数据链路层必须向上层提供可靠传输服务。

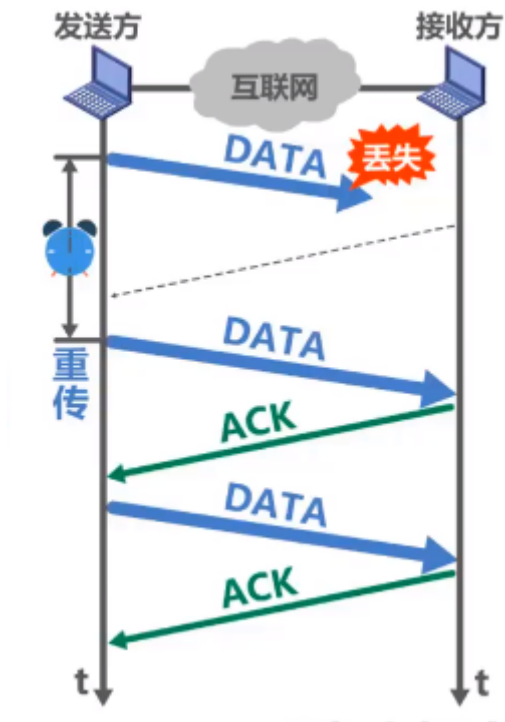
停止等待协议SW

发送方每发送一个数据分组后，就停止发送下一个数据分组，并将该分组存储起来，等待来自接收方的确认分组和否认分组。若收到确认分组，则继续发送下一个数据分组；若收到否认分组，则重发之前发送的那个数据分组。



超时重传

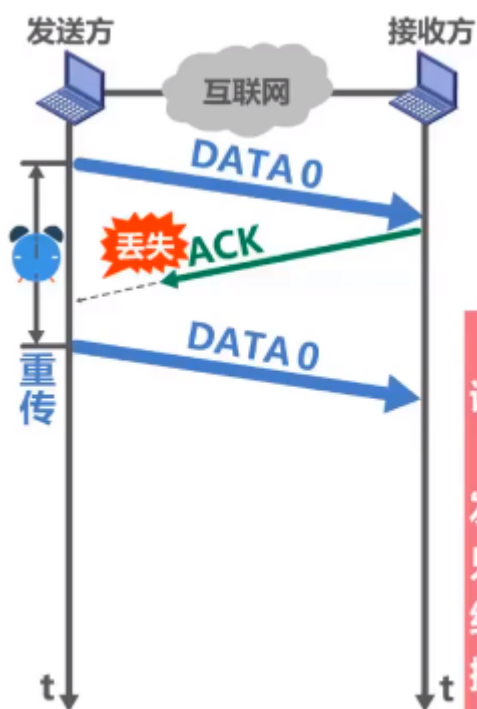
如果接收方接收不到数据分组，就不会发送ACK或NAK数据。如果不采取措施，发送方就会一直处于等待接受ACK或NAK的状态。



为解决该问题，在发送方发送完数据分组时，启动一个超时计时器。超过超时计时器设置的重传时间，则重传原来的分组。

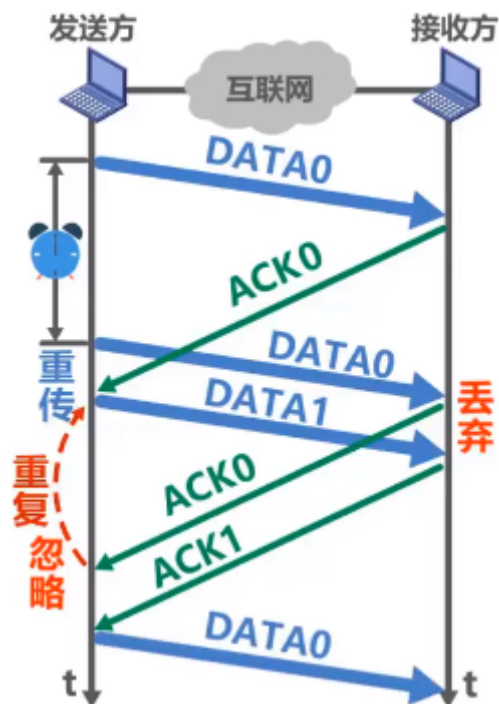
重传时间设为从发送方到接收方的平均往返时间。

给数据分组编号



为避免分组重复这种传输错误，必须给每个分组带上序号。对于停止-等待协议，由于每发送一个数据分组就停止等待，只要保证每发送一个新的数据分组，其发送序号与上次发送的数据分组的序号不同就可以了，因此用一个比特来编号就够了。

给确认分组编号

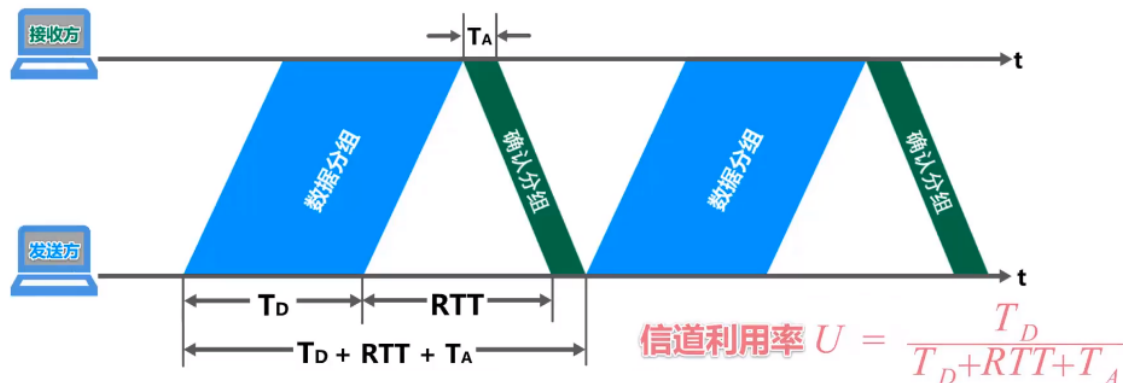


数据链路层一般不会出现ACK分组迟到的情况，因此在数据链路层可以不用编号。

【注意事项】

- 接收端检测到数据分组有错误时，将其丢弃并等待发送方的超时重传。但对于误码率较高的点对点链路，为使发送方尽早重传，也可给发送方发送NAK分组。
- 为了让接收方能够判断所收到的数据分组是否是重复的，需要给数据分组编号。由于停止-等待协议的停等特性，只需1个比特编号就够了，即编号0和1。
- 为了让发送方能够判断所收到的ACK分组是否是重复的，需要给ACK分组编号，所用比特数量与数据分组编号所用比特数量一样。数据链路层一般不会出现ACK分组迟到的情况，因此在数据链路层实现停止-等待协议可以不用给ACK分组编号。
- 超时计时器设置的重传时间应仔细选择。一般可将重传时间选为略大于“从发送方到接收方的平均往返时间”。
 - ☐ 在数据链路层点对点的往返时间比较确定，重传时间比较好设定。
 - ☐ 然而在运输层，由于端到端往返时间非常不确定，设置合适的重传时间有时并不容易。

信道利用率



回退N帧协议

累积确认

接收方不一定对收到的数据分组逐个发送确认，而是可以在收到几个数据分组后（由具体实现决定），对按序到达的最后一个数据分组发送确认。

ACKn表示序号为n及以前的所有数据分组都已正确接收。累积确认序号之间的都已经发送。

好处：即使确认分组丢失，发送方也不必重传。

缺点：不能向发送方及时的反应接收方已经接收的正确分组的信息。

发送方收到重复的确认，就说明之前发送的数据分组出现了差错。

发送方	接收方
<ul style="list-style-type: none">■ 发送窗口尺寸W_T的取值范围是 $1 < W_T \leq 2^n - 1$ 其中，n是构成分组序号的比特数量。<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> $W_T = 1$ 停止-等待协议<input type="checkbox"/> $W_T > 2^n - 1$ 接收方无法分辨新、旧数据分组■ 发送方可在未收到接收方确认分组的情况下，将序号落在发送窗口内的多个数据分组全部发送出去；■ 发送方只有收到对已发送数据分组的确认时，发送窗口才能向前相应滑动；■ 发送方收到多个重复确认时，可在重传计时器超时前尽早开始重传，由具体实现决定。■ 发送方发送窗口内某个已发送的数据分组产生超时重发时，其后续在发送窗口内且已发送的数据分组也必须全部重传，这就是回退N帧协议名称的由来。	<ul style="list-style-type: none">■ 接收方的接收窗口尺寸W_R的取值范围是 $W_R = 1$ 因此接收方只能按序接收数据分组。■ 接收方只接收序号落在接收窗口内且无误码的数据分组，并且将接收窗口向前滑动一个位置，与此同时给发送方发回相应的确认分组。为了减少开销，接收方不一定每收到一个按序到达且无误码的数据分组就给发送方发回一个确认分组，<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> 而是可以在连续收到好几个按序到达且无误码的数据分组后（由具体实现决定），才针对最后一个数据分组发送确认分组，这称为累积确认；<input type="checkbox"/> 或者可以在自己有数据分组要发送时才对之前按序接收且无误码的数据分组进行捎带确认；■ 接收方收到未按序到达的数据分组，除丢弃外，还要对最近按序接收的数据分组进行确认；

选择重传协议

视频链接：<https://www.bilibili.com/video/BV1c4411d7jb?p=27>

接收窗口尺寸不应该等于1，而是大于1。以便接收方先收下失序到达但无误码并且序号落在接收窗口内的那些数据分组，等到所缺分组收齐后再一并送上层。

为了使双方仅重传出现差错的分组，接收方不能再采用累积确认，需要对每个正确接收到的数据分组进行逐一确认。

发送方

发送方窗口尺寸必须满足： $1 < W_t \leq 2^{n-1}$

其中， n 是构成分组序号的比特数量。

- 若 $W_t = 1$ ：与停止-等待协议相同
- 若 $W_t > 2^{n-1}$ ：造成接收方无法分辨新、旧数据分组的问题
- 发送方可在未收到接收方确认分组情况下，将序号落在发送窗口内的多个数据分组全部发送出去。
- 发送方只有按序收到对已发送数据分组的确认时，发送窗口才能向前相应滑动；若收到未按序到达的确认分组时，对其进行记录，以防止其相应数据分组的超时重发，但发送窗口不能向前滑动。

接收方

接收方的接收窗口尺寸 W_r 必须满足： $1 < W_r \leq W_t$

- 若 $W_r = 1$ ，与回退N帧协议相同
- 若 $W_r > W_t$ ：无意义
- 接收方可接收未按序到达但没有误码并且序号落在接收窗口内的数据分组；
 - 为了使发送双方仅重传出现差错的分组，接收方不能再采用累积确认，而需要对每个正确接收到的数据分组进行逐一确认
- 接收方只有在按序接收数据分组后，接收窗口才能向前相应滑动。

习题

【2018年 题36】主机甲采用停-等协议向主机乙发送数据，数据传输速率是3kbps，单向传播延时是200ms，忽略确认帧的传输延时。当信道利用率等于40%时，数据帧的长度为 **D**

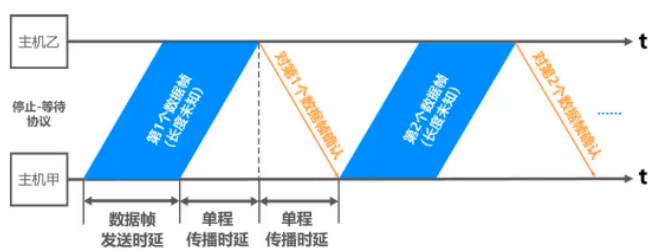
A. 240比特

B. 400比特

C. 480比特

D. 800比特

【解析】



$$\text{信道利用率} = \frac{\text{数据帧发送时延}}{\text{数据帧发送时延} + \text{端到端往返时延}}$$

设数据帧长度为x比特

$$40\% = \frac{\frac{x}{3k} \frac{b}{s}}{\frac{x}{3k} \frac{b}{s} + 2 \times 200 \text{ ms}}$$

解得 x = 800比特