

为什么以太网上的帧最短 64byte

以太网是无连接的，不可靠的服务，采用尽力传输的机制。

以太网是不可靠的，这意味着它并不知道对方有没有收到自己发出的数据包，但如果他发出的数据包发生错误，他会进行重传。以太网的错误主要是发生碰撞，碰撞是指两台机器同时监听到网络是空闲的，同时发送数据，就会发生碰撞，碰撞对于以太网来说是正常的。

我们来看一下，假设 A 检测到网络是空闲的，开始发数据包，尽力传输，当数据包还没有到达 B 时，B 也监测到网络是空闲的，开始发数据包，这时就会发生碰撞，B 首先发现发生碰撞，开始发送碰撞信号，所谓碰撞信号，就是连续的 01010101 或者 10101010,十六进制就是 55 或 AA。这个碰撞信号会返回到 A，如果碰撞信号到达 A 时，A 还没有发完这个数据包，A 就知道这个数据包发生了错误，就会重传这个数据包。但如果碰撞信号会返回到 A 时，数据包已经发完（在数据包比较短的情况下，会这样），则 A 不会重传这个数据包。

我们先看一下，以太网为什么要设计这样的重传机制。首先，以太网不想采用连接机制，因为会降低效率，但他又想有一定的重传机制，因为以太网的重传是微秒级，而传输层的重传，如 TCP 的重传达到毫秒级，应用层的重传更达到秒级，我们可以看到越底层的重传，速度越快，所以对于以太网错误，以太网必须有重传机制。

要保证以太网的重新，必须保证 A 收到碰撞信号的时候，数据包没有传完，要实现这一要求，A 和 B 之间的距离很关键，也就是说信号在 A 和 B 之间传输的来回时间必须控制在一定范围之内。IEEE 定

义了这个标准,一个碰撞域内,最远的两台机器之间的 round-trip time 要小于 512bit time.(来回时间小于 512 位时,所谓位时就是传输一个比特需要的时间)。这也是我们常说的一个碰撞域的直径。512 个位时,也就是 64 字节的传输时间,如果以太网数据包大于或等于 64 个字节,就能保证碰撞信号到达 A 的时候,数据包还没有传完。

这就是为什么以太网要最小 64 个字节,同样,在正常的情况下,碰撞信号应该出现在 64 个字节之内,这是正常的以太网碰撞,如果碰撞信号出现在 64 个字节之后,叫 late collision。这是不正常的。

总结:最小数据帧的设计原因和以太网电缆长度有关,为的是让两个相距最远的站点能够感知到双方的数据发生了碰撞;最远两端数据的往返时间就是争用期,以太网的争用期是 51.2 微妙,正好发送 64byte 数据;最长数据帧应该和数据链路层信道利用率有关,只有 1514 最合理。

帧总值最小为 64 字节。这是因为:

A.当站点正在发送数据时,发生了冲突,就将未发送的部分丢弃,这样导致了物理线路上的残余帧的 LEN 可能为 0,若 MAC 的 LEN 为 0 是合法的将无法区别。

B.另一个原因是为了防止一个站点发送短帧时,在第一比特还未到达线缆的最远端就已完成发送,这时它会认为已成功的发送完数据;如果最远端也同时发送一帧数据,它检测到了冲突即发送一冲突帧,这样发送方必须在发送完数据之前接收到最远端的冲突帧,否则将生产冲突而检测不到的现象。在一个最大长度为 2500 米,拥有 4

个中继器的 10Mb/s 的局域网中，允许的最小发送时间为 51.2us，这个时间等于 64 字节的发送时间，64 字节就是因此而来。

考虑建立一个 CSMA/CD 网，电缆长 1 公里，不使用重发器，运行速率为 1Gbps。电缆中的信号速度是 200000 公里/秒。问最小帧长度是多少？

解答：对于 1 公里电缆，单程传播时间为 $1 \div 200000 = 5 \times 10^{-6}$ 秒，即 5 微妙，来回路程传播时间为 $2\tau = 10$ 微妙。为了能够按照 CSMA/CD 工作，最小帧的发射时间不能小于 10 微妙。以 1Gbps 速率工作，10 微妙可以发送的比特数等于：

$$\frac{10 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-9}} = 10000$$

因此，最小帧是 10000 位或 1250 字节长。

以太网帧必须至少 64 字节长，才能保证在线缆的远端发生碰撞的情况下发送方仍然在发送。快速以太网同样有一个 64 字节的最小帧长规范，但位速率提高到了 10 倍。它是如何使得最小帧长规范能够维持不变的？

例题讲解

- (2009年计算机综合37题)在一个采用CSMA/CD协议的网络中，传输介质是一根完整的电缆，传输速率为1Gbps，电缆中信号传播速度是200 000km/s，若最小数据帧长度减少800比特，则最远的两个站点之间的距离至少需要()

A 增加160m B 增加80m C 减少160m D 减少80m

解析：最小数据帧长度是由争用期长度决定的，那么最小数据帧长度减少800比特，则争用期长度也应该相应减少。

速率为1Gbps,传输800比特数据要用时 $t=800/1\ 000\ 000\ 000$,
 $t=0.0000008s$.则争用期的长度应该减少 $t/2$.

那么最远的两个站点之间的距离至少要减少80m。
选D。



发送方少发送的时间： $800/1Gbps$

这段时间信号传输的距离即是缩短的往返距离=时间*200000 千米/s=160m。

则站点距离为往返距离的一半 80 米。

例题讲解

- (2010年计算机综合37题)某局域网采用CSMA/CD协议实现介质访问控制，数据传输速率为10Mbps，主机甲和主机乙之间的距离为2km，信号传播速度为200 000km/s，请回答下列问题，要求说明理由或写出计算过程。
- (1) 若主机甲和主机乙发送数据时发生冲突，则从开始发送数据时刻起，到两台主机均检测到冲突时刻止，最短需要多长时间，最长需要多长时间（假设主机甲和主机乙发送数据时，其它主机不发送数据）
- (2) 若网络不存在任何冲突与差错，主机甲总是以标准的最长以太网数据帧（1518字节）向主机乙发送数据，主机乙每成功收到一个数据帧后立即向主机甲发送一个64字节确认帧，主机甲收到确认帧后方可发送下一个数据帧，此时主机甲的有效数据传输率是多少（不考虑以太网的前导码）？

例题讲解

- 解析: (1) 当主机甲和主机乙同时向对方发送数据时，信号在信道中发生冲突后，冲突信号继续向两个方向传播，这种情况下，时间最短，等于单程时延：

$$t = 2\text{km} / 200\,000\text{km/s} = 0.01\text{ms}.$$

主机甲（或乙）先发送一个数据帧，即将到达主机乙（或甲）时，主机乙（或甲）也开始发送一个数据帧，这时主机乙（或甲）将立即检测到冲突，而主机甲（或乙）要等到冲突从乙（或甲）传回来才能检测到，因此这时时间最长，等于双程的端到端时延： $t = 2\text{km} / 200\,000\text{km/s} \times 2 = 0.02\text{ms}$ 。

- (2) 主机甲发送一个数据帧，等待传输到乙，乙收到数据帧，发送确认帧，等待传输到甲，这就是一个发送周期。

甲的有效数据传输即为发送数据帧，故甲的传输效率为： $S = \text{甲发送} / (\text{甲发送} + \text{乙发送} + \text{双程端到端时间}) = 93.3\%$

所以有效数据传输率为： $93.3\% \times 10\text{Mbps} = 9.33\text{Mbps}$

假定 A 和 B 是试图在一个以太网上发送的两个站。每个站都有一个稳定的帧的队列准备发送，A 的帧编号是 A1，A2 和 A3 等，B 的帧编号是 B1，B2 和 B3 等。再假定指数后退的基本单元时间是 $T=51.2$ 微妙。

现在 A 和 B 同时尝试发送 1 号帧，碰撞，并且刚好分别选择了 $0 \times T$ 和 $1 \times T$ 的退避时间，也

就是说, A 赢得了这一次竞争, 发送 A1, B 需要等待。在这次传送结束时, B 尝试再发送 B1, 而 A 则尝试发送 A2。这一轮的首次尝试产生碰撞, 此时, A 的退避时间从 $0 \times T$ 和 $1 \times T$ 中选择, 而 B 则从 $0 \times T, \dots, 3 \times T$ 中选择。

(a) 给出 A 赢得第 2 次退避竞争的概率。

解答: A 可以选择 $K_A=0$ 或 1 (2 种); B 可以选择 $K_B=0, 1, 2, 3$ (4 种)。如果 (K_A, K_B) 选择 $(0, 1), (0, 2), (0, 3), (1, 2), (1, 3)$ 中的一个组合, 那么将是 A 赢得这第 2 次竞争, 其概率是 $5/8$ 。

(b) 假定 A 已赢得了第 2 次退避竞争。A 在成功发送 A2 后, 接着尝试发送 A3。当 B 再次尝试发送 B1 时, A 和 B 再次碰撞。给出 A 赢得这第 3 次退避竞争的概率。

解答: 现在 A 是在一次成功发送之后, 可以选择 $K_A=0$ 或 1; K_B 是在它的第 3 次碰撞之后, 可能的选择是 $0, 1, 2, \dots, 7$ 。如果 $K_A=0$, 那么 K_B 中有 7 种选择使得 A 赢; 如果 $K_A=1$,

那么 K_B 中有 6 种选择使得 A 赢。所以 A 赢得这第 3 次竞争的概率是 $13/16$ 。

(c) 给出 A 赢得所有其余后退竞争的合理下限值。

解答: A 赢得第 2 次竞争的概率 $= 5/8 > 1/2$

A 赢得第 3 次竞争的概率 $= 13/16 > 3/4$

类似地, A 赢得第 4 次竞争的概率 $> 7/8$

一般地, A 赢得第 i 次竞争的概率 $> (1-1/2^{i-1})$

因此, 假定 A 已经赢得第 1 至第 3 次竞争, 那么 A 赢得所有其余的后退竞争的概率将不低于:

$$(1-1/8) \times (1-1/16) \times (1-1/32) \times (1-1/64) \times \dots \approx 1-1/8-1/16-1/32-1/64- \dots = 6/8 = 3/4$$

(d) 对于 B1 帧的发送会出现什么样的情况?

解答: B 放弃对于 B1 帧的发送, 转而开始发送 B2 帧。最终会因上层协议超时而重发 B1 帧的报文, 从而恢复正常发送条件。

上述退避竞争的情况通常称为以太网捕获效应。