

无线局域网 CSMA/CA 协议简述

摘要

随着无线网络的不断发展,无线局域网已经深入应用到各个领域且与人们的日常生活紧密联系在一起。正是因为无线局域网的广泛应用,人们才能通过其提供的服务随时随地进行网络通信和信息交流,为大家的生活带来了极大的便利。

无线局域网技术定义在 IEEE 802.11 规格说明系列中,用来解决无线网络各站点通信过程中出现争用信道的问题。与传统局域网采用同轴电缆、双绞线和光纤不同,无线局域网以微波、激光与红外线等无线电波作为传输介质,实现了移动计算机网络中移动节点的物理层与数据链路层功能,并为移动计算机网络提供物理接口。

在无线局域网中为了尽量避免冲突的发生,降低冲突发生的可能性,其采用了 IEEE 802.11 中的 CSMA/CA(载波监听多路访问/冲突避免)协议替代了以太网中使用的 CSMA/CD(载波监听多路访问/冲突检测)协议来实现链路共享。

关键字: 无线局域网, CSMA/CD 协议, CSMA/CA 协议

目录

第 1 章 以太网访问模式：CSMA/CD	3
第 2 章 CSMA/CA 协议.....	5
第 3 章 CSMA/CA 其他退避算法简介	7

第 1 章 以太网访问模式：CSMA/CD

当多个用户在没有任何控制的情况下访问同一条线路时，将存在由于不同信号叠加而相互破坏的情况。叠加后的信号将无法识别，这种情况便称之为冲突。当多个用户访问链路的通信量增加时，冲突的可能性也随之增加。

为了使冲突发生的可能性降到最小，以太网使用 CSMA/CD（载波监听多路访问/冲突检测）协议，其是从 MA（多路访问）发展到 CSMA，最后才发展到 CSMA/CD。

CSMA/CD 采用冲突检测的方案是使站点在传输时继续监听链路，一旦检测到冲突就立即停止发送，并向链路上发一串阻塞信号，通知链路上个站点冲突已发生，这样链路就不会因为传送已受损的帧而浪费带宽，从而提高链路的利用率。

CSMA/CD 具体算法如下：

- ① 如果链路是空闲的，则可以发送并同时检测冲突。
- ② 如果链路是忙的，则继续监听，知道检测到链路空闲，发送并同时检测冲突。
- ③ 如果在发送过程中检测到冲突，则停止当前帧的发送并发出阻塞信号，等待一段选定的时间，转到步骤①。

其等待时间的大小是由退避算法选定的。在 CSMA/CD 算法中，一旦检测到冲突，并发送阻塞信号后，为了降低再次冲突的概率，需要一个等待时间，然后再试图传输。为了保证这种退避保持稳定，采用了二进制指数退避技术，其具体算法如下：

- ① 对每一个帧，当第一次发生冲突时，设置参数 $L=2$ ；
 - ② 退避间隔取 1 到 L 个时间片中的一个随机数。一个时间片等于链路上最大传输延迟的 2 倍。
 - ③ 当帧再次发生冲突时，则将参数 L 加倍。 L 的最大值为 1024。即当 L 增加到 1024 时， L 不再增加。
 - ④ 帧的最大重传次数为 16，超过这个次数，则该帧不再重传，并报告出错。
- 以太网采用曼切斯特编码，通过检测链路上的信号存在与否来实现载波监听。

发送站在发送的同时检测冲突，如果检测到链路上的信号超过本身发送信号的幅度，则判断发生冲突。

第 2 章 CSMA/CA 协议

IEEE 802.11 的介质访问控制 (MAC) 层采用 CSMA/CA (载波监听多路访问/冲突避免) 协议进行无线介质的共享访问。CSMA/CA 与 CSMA/CD 的区别在于: CSMA/CD 是带有冲突检测的载波监听多路访问, 发送包的同时可以检测到信道上有无冲突; CSMA/CA 是带有冲突避免的载波监听多路访问, 发送包的同时不能检测到信道上有无冲突, 只能尽量“避免”。IEEE 802.11 之所以采用 CSMA/CA 而没有采用 CSMA/CD 是因为:

① 要检测冲突, 设备必须在发送数据的同时能够接收数据, 以便检测是否发生冲突, 这对于无线网络设备来说是很难实现的。

② 碰撞检测方式不同, CSMA/CD 通过电缆中电压的变化来检测, 当数据发生碰撞时电缆中的电压就会随着发生变化; 而 CSMA/CA 采用能量检测、载波检测和能量载波混合检测 3 种检测信道空闲的方式。

③ 在无线局域网中, 对某个节点来说, 其刚刚发生的信号强度要远高于来自其他节点的信号强度, 也就是说他自己的信号会把其他的信号覆盖掉, 无法通过信号强度的变化来检测是否发生了冲突。

④ 本节点处没有发生冲突并不意味着在接收节点处就没有冲突, 可能存在“隐藏站”和“暴露站”问题。

CSMA/CA 的载波监听机制与 CSMA/CD 的载波监听机制基本相同。要发送数据的站点首先要监听无线信道, 如果信道处于“空闲”状态。则等待一个很短的时间 (IFS), 若信道仍然空闲, 则发送数据。如果信道上有信号传播, 就推迟自己的数据发送而继续监听直到信道空闲。当一帧传输结束后, 站点再等待一个 IFS 时间, 如果此时间内信道忙, 站点便执行二进制退避算法并继续监听信道, 如果信道空闲便可以传送下一帧。

CSMA/CA 协议的关键在于冲突避免。IEEE 802.11 的冲突避免采用了 3 种机制来实现: 预约信道、正向确认和 RTS/CTS 机制。

① 预约信道。发送站点利用 MAC 帧中的传输时间字段 (duration) 向所有其他无线站点通告本站点将要占用站点多长时间, 其他站点在这段时间内不要发送数据, 以避免冲突。每一个站点的 MAC 层将检查收到的帧中的传输时间字段,

如果发现该字段的值大于本站点当前网络分配量 NAV 的值，就用该字段的值更新本站点的 NAV。NAV 是一个计数器，它从设定的值开始不断减 1，当 NAV 的值减为 0 且信道空闲时，本站点就可以发送数据了。

② 正向确认。接受站点如果正确收到以它为目的地的数据帧时，就向发送站点发送一个 ACK 帧作为接收成功的肯定应答，否则不采取任何动作。发送站点在发送完数据帧的规定时间内若没有收到 ACK 帧就需要重新发送数据帧，知道收到 ACK 帧为止，重复发送的最大次数根据预先规定的限定值而定。正向确认机制提供了对于冲突的高效恢复，因为一个帧没有正确接收，很有可能是由于发生了冲突。

③ RTS/CTS 机制。IEEE 802.11 提供请求发送 (RTS) /允许发送 (CTS) 选项来解决隐蔽站点问题。隐蔽站点是指这样一种情况，有 3 个站点 A、B、C，B 位于 A 和 C 之间，如图 2-1 所示。虽然 A 和 C 都能与 B 通信，但 A 和 C 却因为距离较远或两者之间存在障碍物而彼此收不到对方发送的信号。当 A 和 C 都要与 B 进行通信时，因为 A 和 C 互相感知不到对方的存在，因而都向 B 发送数据，结果数据在 B 站点发生冲突。如果使用 RTS/CTS 机制就能解决上述隐蔽站的问题：首先 A 向 B 发送 RTS 帧，表明 A 要向 B 发送若干数据，B 收到 RTS 帧后，就向 A 回送一个 CTS 帧，表明 B 准备接收。而此时 C 也会收到 B 发送给 A 的 CTS 帧，C 就不会发送任何帧，从而使得 A 可以向 B 发送数据而不会发生冲突。B 收到 A 发送的数据后，立即发送一个 ACK 帧，随后 3 个站点可以重新竞争信道。RTS/CTS 帧都包含了“传输持续时间”字段，隐蔽站点问题正是利用了 RTS 帧和 CTS 帧的信道预约功能而得以解决的。

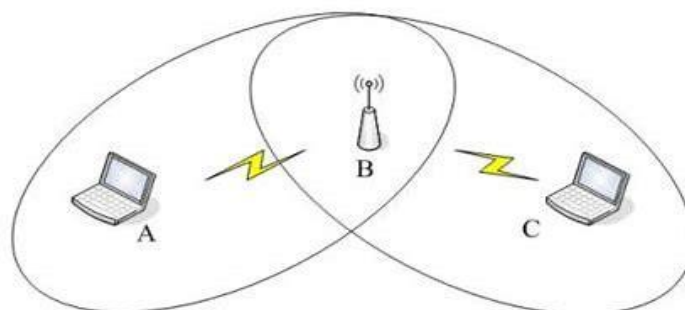


图 2-1 隐蔽站点示意图

第 3 章 CSMA/CA 其他退避算法简介

除了 CSMA/CA 协议中采用的 BEB（二进制指数退避）算法，还有 MILD（乘性增加、线性减少）算法、EIED（增强型指数增长、指数下降）算法、MIMD（乘性增加、乘性减少）算法、LILD（线性增加、线性减少）算法、MIMLD（乘性增加、乘性/线性减少）算法等。这些算法都是改变竞争窗口的设置规则，以此来改善站点接入的公平性问题和网络吞吐量。虽然这些算法的区别仅仅在于竞争窗口的重设机制不同，但均能从不同程度上改善网络性能。

MILD 算法的退避思想为：当站点通信冲突时，竞争窗口 CW 按 α 倍增长；当站点通信完成时，竞争窗口 CW 按常数 β 线性递减，以这样的方式来控制竞争窗口变小的速度。

EIED 算法退避的思想为：算法中设置了 R_i 和 R_d 两个可调参数，其中 R_d 被称为下降参数，用于站点通信成功时； R_i 被称为上升参数，用于站点通信冲突时。当通信成功时，站点竞争窗口值除以 R_d ，倍数减小；当通信冲突时，站点竞争窗口值乘以 R_i ，倍数增大。

MIMD 算法与 EIED 退避算法思想大致相同，都是按倍数增长和倍数减小的方式重设窗口。窗口重设规则可简单描述为：站点通信冲突时，竞争窗口重设为先前的 2 倍；当站点通信顺利时，竞争窗口重设为原来的 1/2。

LILD 算法是按线性增加和线性减少的方式来重设窗口。当通信冲突时，竞争窗口重设为 CW 加上 W_{\min} ，增加到 CW_{\max} 时保持；当通信顺利时，竞争窗口重设为 CW 减去 CW_{\min} ，减少到 CW_{\min} 时保持。

MIMLD 算法思想比较前面介绍的三种略有不同：增加了一个界定参数 CW_{basic} ，用于判别网络繁忙与否。然后，根据该判断结果来选定竞争窗口的重设机制。 CW_{basic} 的取值靠近 CW_{\min} 。MIMLD 算法的退避思想：当站点通信产生冲突时，不需要考虑信道繁忙与否，直接将站点竞争窗口重设为当前的 2 倍，以尽量避免冲突，这一点上是和 BEB 算法一致的。需要考虑信道繁忙程度的地方是在当站点通信顺利时。一旦通信顺利，在重设竞争窗口之前，先将当前竞争窗口值 CW 与 CW_{basic} 进行比较，如果 $CW > CW_{\text{basic}}$ ，就认为当前信道竞争激烈，那么将竞

争窗口重置为 $CW/2$ 与 CW_{basic} 两者中值较大者;如果 $CW \leq CW_{\text{basic}}$, 就认为当前信道轻闲, 那么将竞争窗口重置为 $CW - 1$, 当 CW 递减到 CW_{min} 时, 保持 CW_{min} 不变。