

# 无线局域网退避算法协议简述

## 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。在 CSMA/CA 协议中,需要采用退避算法来实现冲突避免。不同的退避算法,在吞吐量、时延、网络负载能力等方面会有不同的表现。

**关键字:** 无线局域网, CSMA/CS 协议, 退避算法

# 目 录

第 1 章	MAC 协议原理分析.....	3
1.1	无线局域网概述.....	3
1.2	无线局域网的 MAC 层.....	3
第 2 章	CSMA/CA 协议性能分析.....	5
2.1	CSMA/CA 协议性能指标.....	5
2.2	CSMA/CA 协议性能分析.....	5
第 3 章	CSMA/CA 协议退避算法.....	6
3.1	二进制指数退避算法（BEB）.....	6
3.2	倍数增加线性减少退避算法（MILD）.....	6
3.3	指数增加指数减少退避算法（EIED）.....	7
3.4	倍数增加倍数/线性减少退避算法（MIMLD）.....	8

# 第1章 MAC 协议原理分析

## 1.1 无线局域网概述

无线局域网的英文简称为 WLAN，主要借助于 RF 技术，通过发射电磁波进行数据的传输，打破了原有的使用双绞铜线进行传输的模式，用户可以结合简单的信息传输结构进行信息传输。从网络专业人员的角度看，无线局域网是利用无线电波来建立起网络设备之间的通信连接的互联网络。这种网络不受线缆限制，并且不受空间和时间的限制，可以实现通信的移动化。无线局域网诞生以来，其表现出的无限广阔的发展前景被人们所注意，于是着手大力开发，使无线局域网迅速地发展起来，直到今天为人们的工作生活提供了极大的便利。

在无线局域网发展前期，为了让所有厂家所生产的 WLAN 设备能够相互兼容和不受限制的使用，专业机构制定了一系列统一标准。在这些标准中界定了无线局域网的物理层和 MAC 层。1990 年，IEEE802 标准委员会创设了 IEEE802.11 WLAN 标准工作组，开始负责制定无线局域网物理层和 MAC 层的协议标准，并于 1997 年，为有固定基础设施的局域网制定出了 IEEE802.11 系列标准。

## 1.2 无线局域网的 MAC 层

802.11 局域网的 MAC 层位于物理层之上，包含分布协调功能 DCF 和点协调功能 PCF 两个子层。

DCF 协议规定了网络各站点必须通过争用的方式获得信道，进而获得数据发送和数据接收的权利。在每一个站点采用载波监听多点接入的分布式接入算法，即 CSMA/CA 协议的退避算法。该机制适用于传输具有随机性的数据。DCF 是 MAC 层中必需的也是最主要的功能。

PCF 子层位于 DCF 层之上，该层不是必须的。在 PCF 功能下各站点不必争用信道，而是交由接入点 AP 集中协调控制，按照特定的方式把享用信道的权利轮番赋予每个站点，以此杜绝碰撞的发生。由于接入点 AP 在自组网络中并不存在，因此在自组网络的 MAC 层中没有 PCF 子层。

在 IEEE802.11MAC 协议里通过带冲突避免的载波侦听多路访问机制 (CSMA/CA) 来解决资源竞争的问题。基本流程如下：

一个终端设备在传输数据之前，它需要首先侦听信道，如果信道空闲且经过一个分布式协调帧间间隔（DIFS）后，信道仍然空闲，则该站点开始传输数据。如果侦听到信道忙，那么站点就一直侦听信道，直到空闲且持续空闲 DIFS 时间后，开始执行一个二进制的指数退避机制，通常称为竞争窗口。然后侦听信道，如果信道空闲，则退避计数器减 1，直到减为 0 时，开始传输数据；如果侦听到信道忙，那么退避计数器就挂起，直到信道空闲且持续 DIFS 时间长度后，计数器重新开始递减。

## 第2章 CSMA/CA 协议性能分析

### 2.1 CSMA/CA 协议性能指标

在 802.11 局域网中，MAC 层通过协调功能控制着站点接入信道的时间，并且在各站点使用 CSMA/CA 协议来尽量减少碰撞。CSMA/CA 协议的性能会直接影响到网络的性能。评价 CSMA/CA 协议性能的指标主要有网络吞吐量、平均时延和数据包丢包率等。

### 2.2 CSMA/CA 协议性能分析

在退避算法中初始竞争窗口  $W$  值和最大退避级数  $m$  值直接关系到网络吞吐量，因此  $W$  值和  $m$  值的选取要进行综合考虑。当网络负载较重时，若  $W$  设置较小，各站点随机选择的退避时间也会较小，但选取到相同时间的概率就会很大，此时则容易发生碰撞，从而浪费大量的时间。当网络负载较轻时，若  $W$  设置较大，则各站点选取到同一个时间的概率较小，冲突的概率也较低，但退避时间有可能会很长，从而又会消耗过多时间在等待上。因此， $W$  值对网络冲突率和退避时间有直接影响，设置时需要同时考虑这两个因素。通常情况下，因冲突而造成的资源浪费比退避过久所消耗的资源多很多，因此在考虑  $W$  值时，理当以减少冲突为主。

设置  $m$  即相当于设置  $CW_{max}$ 。只有在站点退避到  $m$  阶时， $m$  才会发挥用途。当负载较轻时，退避次数很少能达到  $m$ 。当负载较重时， $m$  开始发挥用途，但此时冲突率已经很高，此时调整  $m$  的值效果并不明显。

可见，调整  $W$  比调整  $m$  效果明显很多。CSMA/CA 协议存在的主要问题在于：初始退避窗口  $W$  值是常量，并不根据网络状态自适应发生变化。因此在特定网络中只能对应一个数据帧发送概率  $\tau$ ，而在现实中网络状态是变化无常的，即当网络负载发生变化时， $\tau$  值也应该做出相应调节以适应不同的网络状态。因此要改变  $\tau$  必须自适应的调整  $W$  的值，以使无论网络发生何种变化都可有一个最佳的  $\tau$  值。

## 第3章 CSMA/CA 协议退避算法

### 3.1 二进制指数退避算法 (BEB)

二进制指数退避算法已经被广泛的应用于 MAC 层协议。在算法中每个节点发生冲突以后就使他们的退避间隔双倍直到最大 ( $B_{\max}$ ) 而当成功传输以后就使他们的退避间隔最小 ( $B_{\min}$ )。我们可以用下列公式来表示:

$$\begin{cases} CW \leftarrow \min(CW \times 2, B_{\max}) & \text{冲突的时候} \\ CW \leftarrow B_{\min} & \text{传输成功的时候} \end{cases}$$

二进制指数退避算法 (BEB) 以它的简单和执行效率高而闻名, 但它的公平性却很差。例如, 网络中有两个节点争夺信道, 每一个节点都有足够的数据要传输。当一个节点传输成功, 降低它的退避值到最小, 因为别的节点传输没有成功, 那么它必须以大的退避值和第一个节点竞争信道, 第一个节点有很大的概率继续重复访问信道, 而第二个节点则继续双倍退避值直到最大。结果, 第一个节点独占信道, 第二个节点则有很少的机会访问信道。当节点传输成功后, 它的退避间隔马上降到最小, 当传输失败以后, 则以两倍的速度增长直到最大。这样退避间隔的大范围波动势必会影响网络的吞吐量、延迟等性能。

### 3.2 倍数增加线性减少退避算法 (MILD)

为了解决 BEB 不公平的问题, 在 MACAW 协议中介绍了一种新的退避算法: 倍数增加线性减少退避算法 (MILD)。

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

在 MILD 算法中, 冲突节点的退避值会变为原来的 1.5 倍, 而成功节点的退避值减 1。因为 MACAW 协议假设一个成功传输的节点有一个与本地争夺层次相关的退避值, 那么当前的退避值被包括在每一个传输的包当中, 听到成功传输的每个节点都会复制当前的退避值作为自己的退避值, 这就是 MILD 中所谓的

复制机制。MILD 算法可以用下列公式表示：

$$\begin{cases} CW \leftarrow \min(CW \times 1.5, B_{max}) & \text{发送方冲突的时候} \\ CW \leftarrow CW_{packet} & \text{成功传输的时候} \\ CW \leftarrow \max(CW - 1, B_{min}) & \text{发送方传输成功的时候} \end{cases}$$

$CW_{packet}$ ：是包括在包头的当前退避值。

为了提高公平性，MILD 对于每个流只用一个退避值。由于采用复制机制，MILD 的公平性有很大的提高。但是这个算法的线性下降退避窗口的策略，在轻负载网络中又导致节点传输效率的降低。

### 3.3 指数增加指数减少退避算法（EIED）

针对前面所述 BEB 的和 MILD 退避算法的局限性，美国高级网络技术国家标准技术分局的 Nah-Oak Song 等人提出一种新的改进算法——增强型的指数增长指数下降退避算法 EIED。

它是用来增强 IEEE 802.11 DCF 性能的退避算法。它执行起来和 BEB、MILD 算法一样简单，但却大大改善了它们的不足。

EIED 是通过调整退避窗口的参数值来加以改进 BEB 和 MILD 算法的。主要弥补了 BEB 算法不合理的退避窗口重设机制和 MILD 算法的参数是否合适的问题。它的退避窗口是依据传输中是否碰撞或成功的节点，其各自的退避窗口值根据参数成倍增加或减少。与 BEB 以及 MILD 算法相比，更加合理地调整了 CW 值，很好的增强了 IEEE 802.11 DCF 的性能。

EIED 引入了两个参数，分别作用在传输发生冲突或传输成功上。当从节点发出的帧传输时遇到冲突，该节点退避窗口的大小按上升参数  $R_{collision}$  ( $R_{collision} \geq 1$ ) 成倍增加，而不是 BEB 算法中固定以 2，MILD 算法中固定以 1.5 来倍乘。这个参数可以通过网络负载量合理地进行调整，当网络节点数较多即负载较重时，可将参数设为大于 2；当然如果网络节点数较少即负载较轻时，可将参数设为小于 2。

同样当成功传输帧后，退避窗口的大小按下降参数  $R_{success}$  ( $R_{success} \leq 1$ ) 成倍减少，这个参数同样可以根据网络负载量合理地进行调整。既不是 BEB 算法中统一将 CW 值重置为最小退避窗口，这在重负载网络中极易引起下一轮冲突；

又不是 MILD 算法中将 CW 值都减 1，这在较轻负载网络中又会导致系统的低效，使众数据倾等待不必要的时间，造成资源的浪费。EIED 算法可以用下列公式表示：

$$\begin{cases} CW \leftarrow \min(CW \times R_{\text{collision}}, B_{\text{max}}) , & R_{\text{collision}} \geq 1 & \text{冲突的时候} \\ CW \leftarrow \max(CW \times R_{\text{success}}, CW_{\text{min}}) , & R_{\text{success}} \leq 1 & \text{传输成功的时候} \end{cases}$$

EIED 的性能是受  $R_{\text{collision}}$ 、 $R_{\text{success}}$  这两个参数影响的。也就是说，：当  $R_{\text{collision}}$  和  $R_{\text{success}}$  取的值不同时，EIED 退避算法的执行效果也是不一样的。

### 3.4 倍数增加倍数/线性减少退避算法（MIMLD）

倍数增加倍数/线性减少退避算法（MIMLD），这种算法具体实现如下：

在参数  $CW_{\text{min}}$ 、 $CW_{\text{max}}$  的基础上，提出了一个新的参数  $CW_{\text{basic}}$ 。这个新参数是无线信道竞争强烈与否的门限，它的值被置为接近  $CW_{\text{min}}$ 。

当退避窗口  $CW > CW_{\text{basic}}$  时，就假定无线信道竞争强度很高。如果这时数据帧成功传输，不是把 CW 立即减为  $CW_{\text{min}}$ ，而是把当前窗口值的一半与  $CW_{\text{basic}}$  比较，取最大值置为退避窗口值，这样做是的退避窗口设置的相对较大，潜在的竞争被最小化，这个阶段被称为“倍数递减阶段”。

当退避窗口  $CW \leq CW_{\text{basic}}$  时，即信道竞争较小。在成功传输后，当前退避窗口就减 1，而不是减半。在活动站数量较少或传输不均匀的时候，小的退避窗口能够带来好的性能。使用线性递减的目的是尽量长时间的保持退避窗口在这一小范围内，递减的太快可能会很快发生冲突，CW 就会倍增，从而超出这个小范围。这个递减过程在 CW 到达  $CW_{\text{min}}$  的时候停止。这个阶段称为“线性递减阶段”。

当冲突发生时，如果  $CW > CW_{\text{basic}}$ ，退避窗口就像原协议的算法一样乘以 2。如果  $CW \leq CW_{\text{basic}}$ ，退避窗口就增加到  $CW_{\text{basic}}$  的 2 倍。这样做的原因是尽快从  $CW_{\text{basic}}$  以下的范围出来，在这个范围内 CW 值很小，再在该范围内会造成更多的冲突。这种方法的思想是，小于  $CW_{\text{basic}}$  的 CW 窗口只用于活动中数目很少的时候，这样避免信道的浪费。如果有冲突发生，冲突双方就从该范围跳出来。这种窗口增长阶段就称为“倍数增长阶段”。EIED 算法可以用下列公式表示：



$$\begin{cases} CW \leftarrow \min(CW \times 2, Bmax) & \text{冲突的时候} \\ CW \leftarrow \max(CWbasic, CWmin) , \quad CW > CWbasic , \quad CWbasic > \frac{CW}{2} & \text{传输成功的时候} \\ CW \leftarrow \max\left(CWbasic, \frac{CW}{2}\right) , \quad CW > CWbasic , \quad CWbasic < \frac{CW}{2} & \text{传输成功的时候} \\ CW \leftarrow \max(CW - 1, CWmin) , \quad CW \leq CWbasic & \text{传输成功的时候} \end{cases}$$

这种方法虽然解决了标准协议存在的问题，即竞争节点在成功发送帧后其退避窗口迅速恢复为最小值，从而可能给信道增加负担。但它们还不能完全适应信道的忙闲程度来调整退避窗口值。而且 MIMLD 方法中  $CWbasic$  取值的确定也是难点。