



计算机网络与通信技术

知识点：CSMA/CA协议

北京交通大学 刘彪



CSMA/CA协议

不能简单搬用CSMA/CD协议

- 无线局域网不能简单地搬用 CSMA/CD 协议。这里主要有两个原因：



CSMA/CA协议

不能简单搬用CSMA/CD协议

- 无线局域网不能简单地搬用 CSMA/CD 协议。这里主要有两个原因：
 - “碰撞检测”要求一个站点在发送本站数据的同时，还必须不间断地检测信道，但接收到的信号强度往往会远远小于发送信号的强度，在无线局域网的设备中要实现这种功能就**花费过大**。
 - 即使能够实现碰撞检测的功能，并且在发送数据时检测到信道是空闲的时候，在接收端仍然有**可能发生碰撞**。



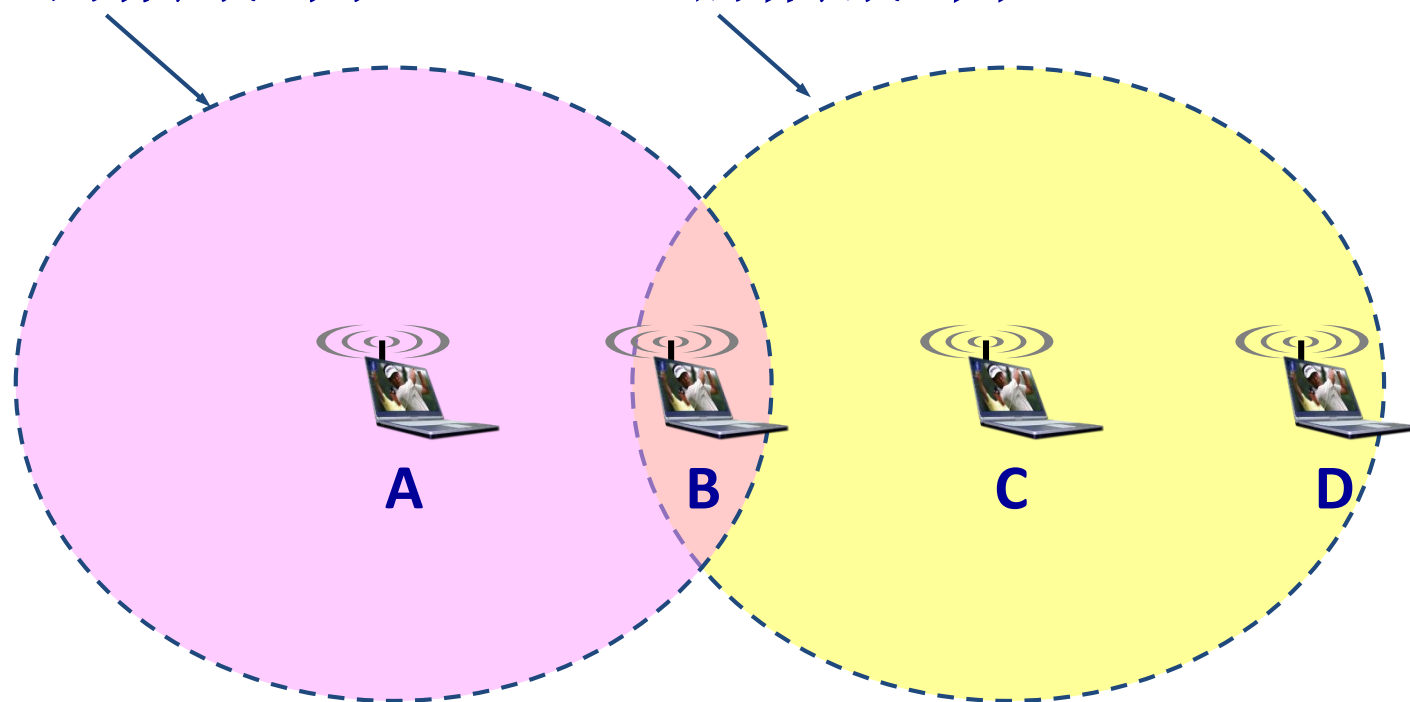
CSMA/CA协议

无线局域网的特殊问题

这种未能检测出媒体上已存在的信号的问题
叫做**隐蔽站问题** (hidden station problem)

A 的作用范围

C 的作用范围



当 A 和 C 检测不到无线信号时，都以为 B 是空闲的，
因而都向 B 发送数据，结果发生碰撞。



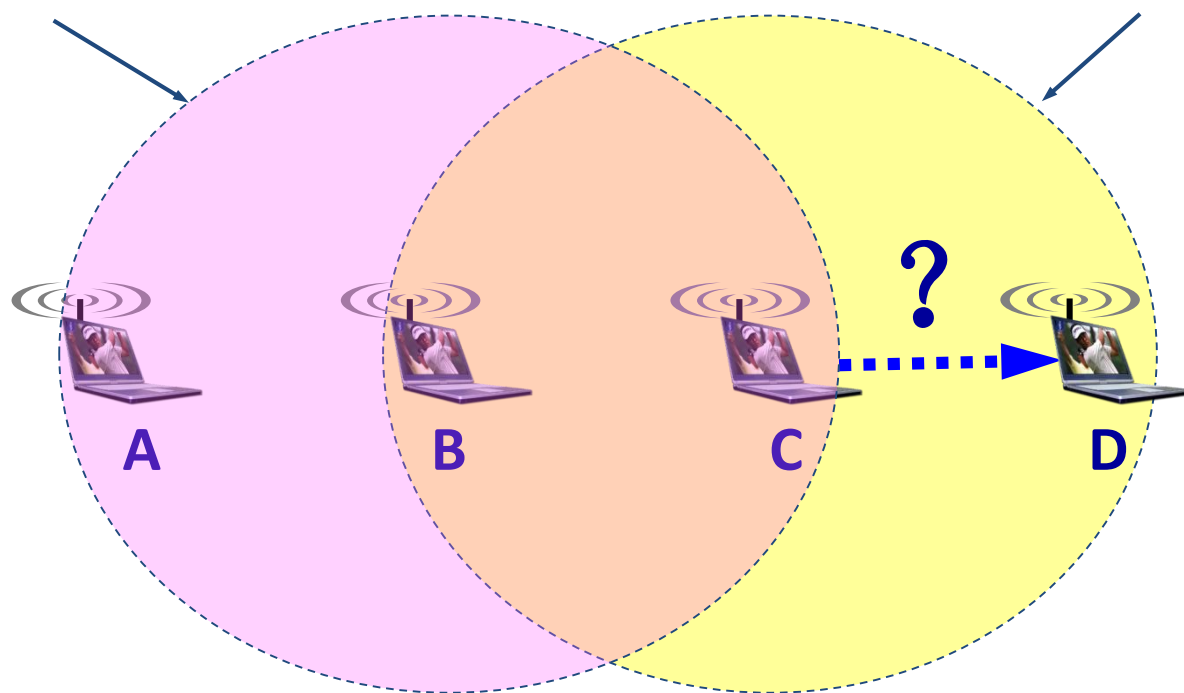
CSMA/CA协议

无线局域网的特殊问题

其实 B 向 A 发送数据并不影响 C 向 D 发送数据
这就是**暴露站问题**(exposed station problem)

B 的作用范围

C 的作用范围



B 向 A 发送数据，而 C 又想和 D 通信。
C 检测到媒体上有信号，于是就不敢向 D 发送数据。



CSMA/CA协议

不能简单搬用CSMA/CD协议

- 无线局域网不能使用 CSMA/CD，而只能使用改进的 CSMA 协议。
- 改进的办法是把 CSMA 增加一个碰撞避免 CA (Collision Avoidance) 功能。
- 802.11 就使用 CSMA/CA 协议。而在使用 CSMA/CA 的同时，还增加使用停止等待协议。



CSMA/CA协议

CSMA/CA协议原理

- 欲发送数据的站先检测信道。
- 通过收到的相对信号强度是否超过一定的门限数值就可判定是否有其他的移动站在信道上发送数据。
- 当源站发送它的第一个 MAC 帧时，若检测到信道空闲，则在等待一段时间 **DIFS** 后就可发送。



CSMA/CA协议

CSMA/CA协议原理

为什么信道空闲还要等待？

- 这是考虑到可能有其他的站有高优先级的帧要发送。
- 如有，就要让高优先级帧先发送。

如果没有高优先级的帧发送，则

- 源站发送了自己的数据帧。
- 目的站若正确收到此帧，则经过时间间隔 SIFS 后，向源站发送确认帧 ACK。



CSMA/CA协议

CSMA/CA协议原理

为什么信道空闲还要等待？

- 这是考虑到可能有其他的站有高优先级的帧要发送。
- 如有，就要让高优先级帧先发送。

如果没有高优先级的帧发送，则

- 源站发送了自己的数据帧。
- 目的站若正确收到此帧，则经过时间间隔 SIFS 后，向源站发送确认帧 ACK。
- 若源站在规定时间内没有收到确认帧 ACK（由重传计时器控制这段时间），就必须重传此帧，直到收到确认为止，或者经过若干次的重传失败后放弃发送。



CSMA/CA协议

虚拟载波监听

- 虚拟载波监听(Virtual Carrier Sense)的机制是让源站将它要占用信道的时间（包括目的站发回确认帧所需的时间）通知给所有其他站，以便使其他所有站在这一段时间都停止发送数据。
- 这样就大大减少了碰撞的机会。



CSMA/CA协议

虚拟载波监听

- “虚拟载波监听”是表示其他站并没有监听信道，而是由于其他站收到了“源站的通知”才不发送数据。
- 虚拟载波监听这种效果好像是其他站都监听了信道。
- 所谓“源站的通知”就是源站在其 MAC 帧首部中的第二个字段“持续时间”中填入了在本帧结束后还要占用信道多少时间（以微秒为单位），包括目的站发送确认帧所需的时间。



CSMA/CA协议

网络分配向量

- 当一个站检测到正在信道中传送的 MAC 帧首部的“持续时间”字段时，就调整自己的网络分配向量 NAV (Network Allocation Vector)。
- NAV 指出了必须经过多少时间才能完成数据帧的这次传输，才能使信道转入到空闲状态。

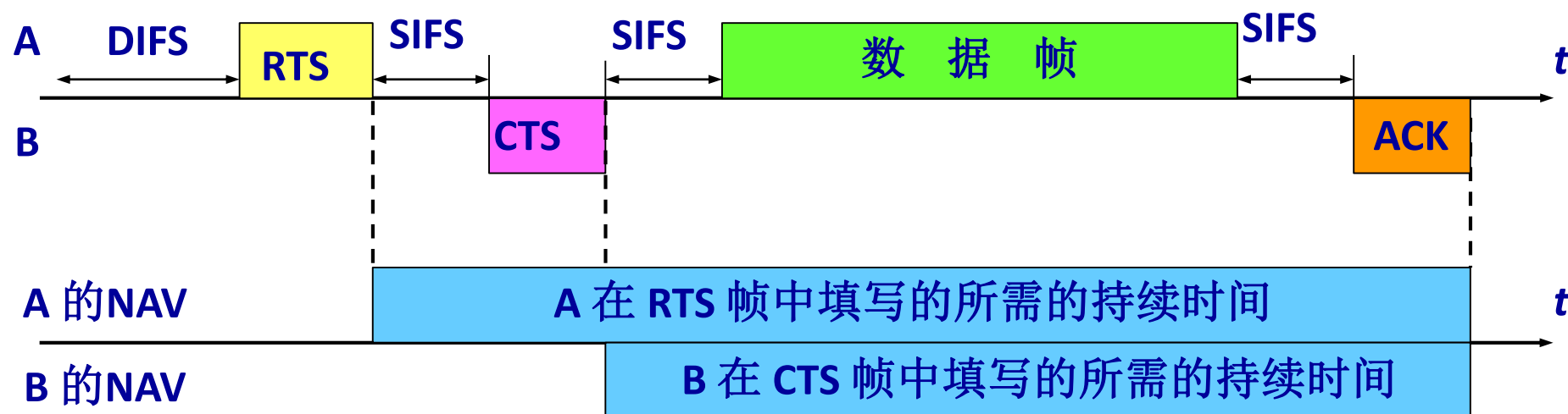


CSMA/CA协议

信道预约

为了更好地解决隐蔽站带来的碰撞问题，802.11允许要发送数据的站对信道进行预约。

- RTS—Request To Send
- CTS—Clear To Send



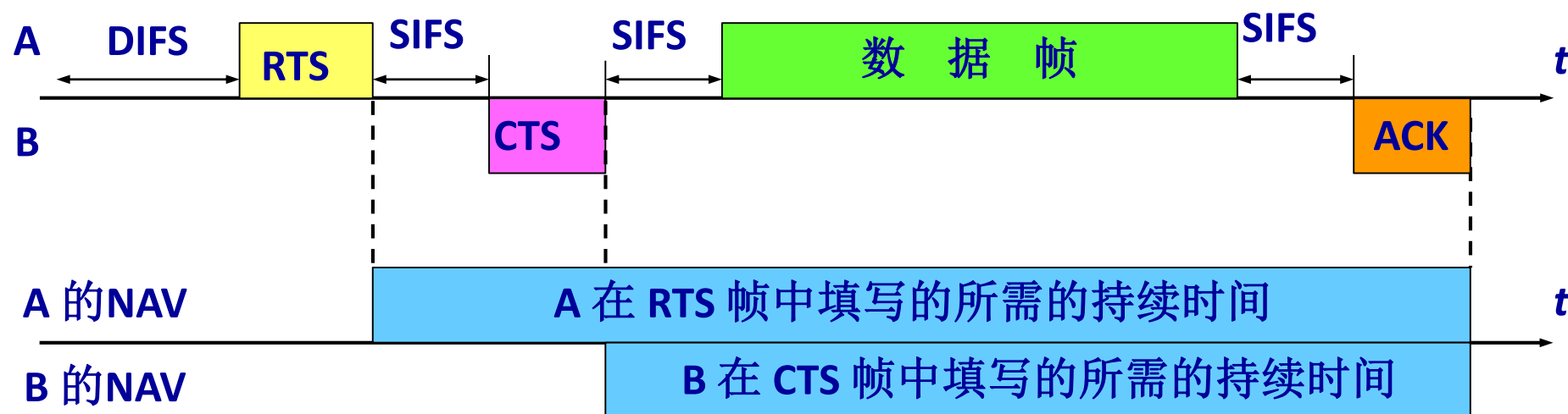


CSMA/CA协议

信道预约

为了更好地解决隐蔽站带来的碰撞问题，802.11允许要发送数据的站对信道进行预约。

- RTS—Request To Send
- CTS—Clear To Send



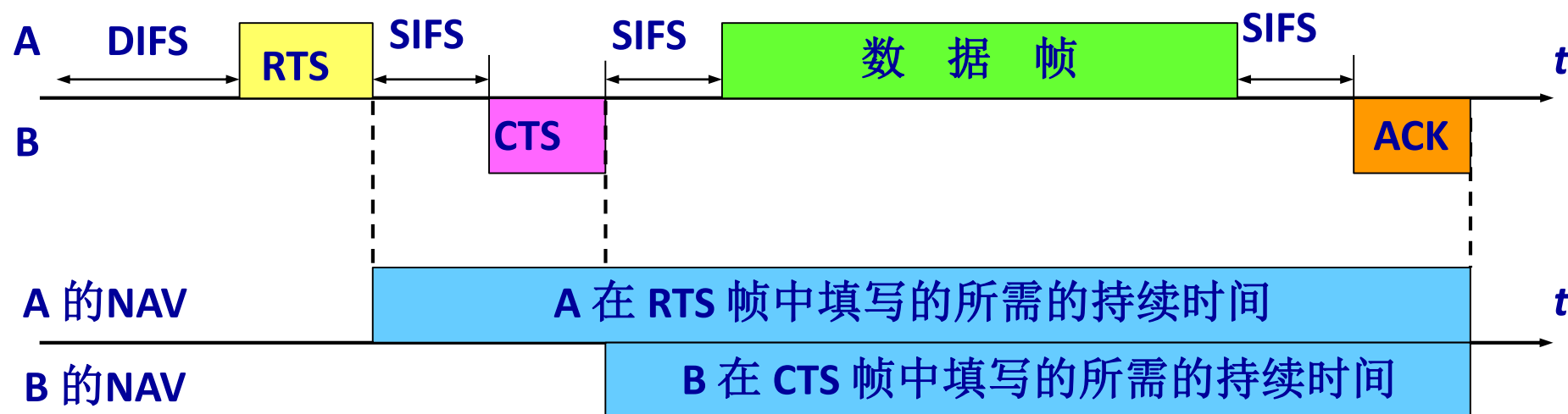


CSMA/CA协议

信道预约

为了更好地解决隐蔽站带来的碰撞问题，802.11允许要发送数据的站对信道进行预约。

- RTS—Request To Send
- CTS—Clear To Send





CSMA/CA协议

信道预约

- 使用RTS帧和CTS帧会使整个网络的通信效率有所下降。但与数据帧相比，开销不算大。
- 相反，若不使用这种控制帧，则一旦发生碰撞而导致数据帧重发，则浪费的时间就更多。



CSMA/CA协议

信道预约

- 虽然如此，协议还是设有三种情况供用户选择：
 - (1) 使用RTS帧和CTS帧；
 - (2) 只有当数据帧的长度超过某一数值时才使用RTS帧和CTS帧（显然，当数据帧本身就很短时，再使用RTS帧和CTS帧只能增加开销）；
 - (3) 不使用RTS帧和CTS帧。



CSMA/CA协议

信道预约

- 虽然如此，协议还是设有三种情况供用户选择：
 - (1) 使用RTS帧和CTS帧；
 - (2) 只有当数据帧的长度超过某一数值时才使用RTS帧和CTS帧（显然，当数据帧本身就很短时，再使用RTS帧和CTS帧只能增加开销）；
 - (3) 不使用RTS帧和CTS帧。
- 虽然协议经过了精心设计，但碰撞仍然会发生。



CSMA/CA协议

争用窗口

- 信道从忙态变为空闲时，任何一个站要发送数据帧时，不仅都必须等待一个 DIFS 的间隔，而且还要进入争用窗口，并计算随机退避时间以便再次重新试图接入到信道。
- 在信道从忙态转为空闲时，为了避免几个站同时发送数据（一旦发送就要把一帧发送完，不能中途停止），各站就要执行退避算法。这样做就减少了发生碰撞的概率。
- 802.11 使用二进制指数退避算法。



CSMA/CA协议

二进制指数退避算法

- 第 i 次退避就在 2^{2+i} 个时隙中随机地选择一个，即：第 i 次退避是在时隙 $\{0, 1, \dots, 2^{2+i} - 1\}$ 中随机地选择一个。
- 第 1 次退避是在 8 个时隙（而不是 2 个）中随机选择一个。
- 第 2 次退避是在 16 个时隙（而不是 4 个）中随机选择一个。
- 当时隙编号达到 255 时（这对应于第 6 次退避）就不再增加了。
- 这里决定退避时间的变量 i 称为退避变量。



CSMA/CA协议

二进制指数退避算法

- 第 i 次退避就在 2^{2+i} 个时隙中随机地选择一个，即：第 i 次退避是在时隙 $\{0, 1, \dots, 2^{2+i} - 1\}$ 中随机地选择一个。
- 第 1 次退避是在 8 个时隙（而不是 2 个）中随机选择一个。
- 第 2 次退避是在 16 个时隙（而不是 4 个）中随机选择一个。
- 当时隙编号达到 255 时（这对应于第 6 次退避）就不再增加了。
- 这里决定退避时间的变量 i 称为退避变量。



CSMA/CA协议

退避计时器 (backoff timer)

- 站点每经历一个时隙的时间就检测一次信道。
- 这可能发生两种情况：
 - 若检测到信道空闲，退避计时器就继续倒计时。



CSMA/CA协议

退避计时器 (backoff timer)

- 站点每经历一个时隙的时间就检测一次信道。
- 这可能发生两种情况：
 - 若检测到信道空闲，退避计时器就继续倒计时。
 - 若检测到信道忙，就冻结退避计时器的剩余时间，重新等待信道变为空闲，并再经过时间DIFS后，从剩余时间开始继续倒计时。如果退避计时器的时间减小到零时，就开始发送整个数据帧。

冻结退避计时器剩余时间的做法是为了使协议对所有站点更加公平。



CSMA/CA协议

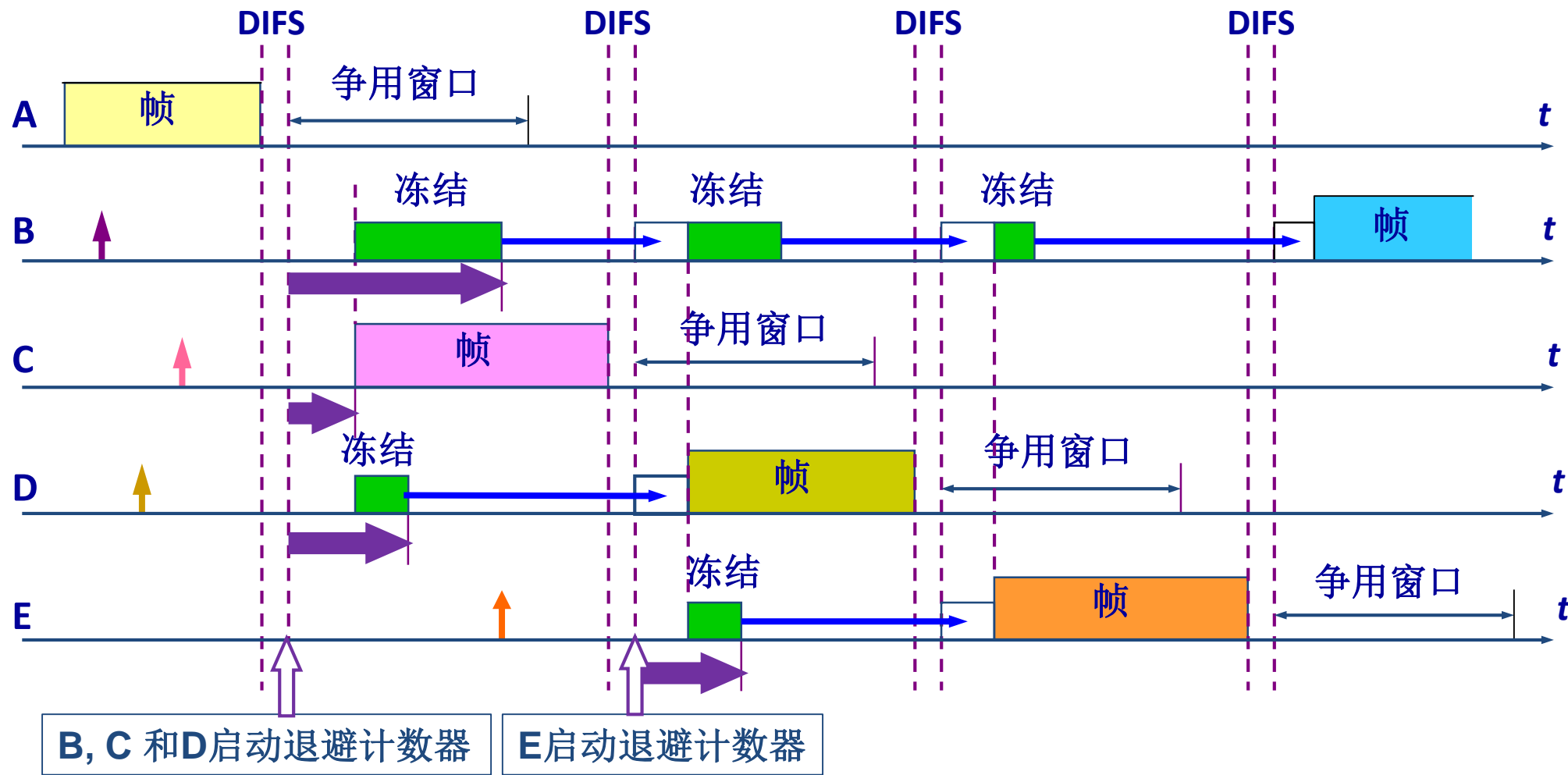
退避算法的使用情况

- 仅在下面的情况下才不使用退避算法：
 - 检测到信道是空闲的，并且这个数据帧是要发送的第一个数据帧。
- 除此以外的所有情况，都必须使用退避算法：
 - 在发送第一个帧之前检测到信道处于忙态。
 - 在每一次的重传后。
 - 在每一次的成功发送后。



CSMA/CA协议

802.11 的退避机制



图例 ↑——要发送数据; ➡——退避时间; ■——检测到信道忙, 冻结退避计数器



CSMA/CA协议

CSMA/CA算法归纳

(1) 若站点最初有数据要发送（而不是发送不成功再进行重传），且检测到信道空闲，在等待时间DIFS后，就发送整个数据帧。

(2) 否则，站点就要等检测到信道空闲并经过时间DIFS后，执行CSMA/CA协议的退避算法，启动退避计数器。在退避计数器减少到零之前，一旦检测到信道忙，就冻结退避计时器。一旦信道空闲，退避计时器就进行倒计时。



CSMA/CA协议

CSMA/CA算法归纳

(3) 当退避计时器时间减少到零时（这时信道只可能是空闲的），站点就发送整个的帧并等待确认。

(4) 发送站若收到确认，就知道已发送的帧被目的站正确收到了。这时如果要发送第二帧，就要从上面的步骤(2)开始，执行CSMA/CA协议的退避算法，随机选定一段退避时间。若源站在规定时间内没有收到确认帧ACK（由重传计时器控制这段时间），就必须重传此帧（再次使用CSMA/CA协议争用接入信道），直到收到确认为止，或者经过若干次的重传失败后放弃发送。



计算机网络与通信技术

知识点：CSMA/CA协议

北京交通大学 刘彪