

文章编号: 2095-4980(2018)02-0283-07

一种基于 TXOP 传输机制的多信道多址接入协议

王 静

(安康学院 电子与信息工程学院, 陕西 安康 725099)

摘 要: 多址接入协议对无线网络的性能有极大影响, 并已成为实现高效无线通信的关键因素。为了提升动态信道分配(DCA)协议的信道资源利用率, 设计了一种基于传输机会(TXOP)传输机制的多信道介质访问控制(MAC)(T-DCA)协议。由于 T-DCA 协议实现简单, 可适用于分布式无线网络, 如 Ad-Hoc 以及无线局域网(WLAN)等。最后, 通过搭建 NS-2 网络仿真平台, 验证了 T-DCA 协议的优越性。仿真结果表明, T-DCA 协议有效抑制了协议的冲突概率, 提升了网络吞吐量并降低了平均分组时延。

关键词: 多信道; 多址接入; 传输机会; NS-2 平台

中图分类号: TN914.5; TP393

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201802.0283

A multi-channel MAC protocol based on TXOP scheme

WANG Jing

(School of Electronics and Information Engineering, Ankang University, Ankang Shaanxi 725099, China)

Abstract: Medium Access Control(MAC) protocol has a great impact on the performance of wireless networks, and it has become a key factor to achieve efficient wireless communications. The Wireless Local Area Network(WLAN) and channel access scheme are firstly introduced, then the research of multi-channel MAC protocol is performed. A typical multi-channel MAC protocol based on common control channel is presented, which is denoted as Dynamic Channel Assignment(DCA) protocol. In order to improve the channel resource utilization of DCA protocol, a multi-channel MAC protocol based on Transmission Opportunity(TXOP) transmission mechanism is proposed, namely T-DCA, i.e., TXOP based DCA. Because the T-DCA protocol is simple for implementation, it can be utilized in distributed wireless networks, such as Ad-Hoc and WLANs. Finally, the superiority of T-DCA protocol is evaluated by extensive simulations that are deployed using NS-2 simulator. The simulation results show that the T-DCA protocol can not only effectively deduce the collision probability, but also improve the network throughput and reduce the average packet delay.

Keywords: multi-channel; medium access control; Transmission Opportunity; Network Simulator Platform 2

随着各种便携式智能设备的广泛普及和各类互联网业务的飞速发展, 用户对随时随地高速接入互联网的需求越来越强烈。基于 IEEE 802.11 系列标准的无线局域网(WLAN)以其部署方便、费用低、速率快等优势, 已成为用户无线接入的重要方式^[1]。在 WLAN 中, 用户采用 IEEE 802.11DCF 协议进行分布式竞争。IEEE 802.11DCF 是在具有冲突避免的载波侦听(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA)的多址接入 MAC 协议基础上引入了虚拟载波侦听机制^[2]。因此, 只有当物理载波侦听和虚拟载波侦听均为空闲时才认为信道是空闲的, 反之信道为繁忙。由于在无线通信过程中通常存在隐藏站点, 它们只能侦听到接收端的数据帧而无法听到发送端的数据传输过程, 因而隐藏站点可能会干扰基本接入机制中接收端的数据传输过程。为了解决隐藏站点问题, IEEE 802.11DCF 在 DATA-ACK 交互的基础上引入了请求发送/确认发送(Request-To-Send/Confirm-To-Send, RTS/CTS)机制^[3]。当 STA1 侦听到信道为空闲且达到分布式帧间间隔(Distributed Inter-Spacing, DIFS)后, 则可以开始随机退避。节点在竞争窗(Contention Window, CW)内随机选取一个退避值, 并以时隙(Slot)为单

位倒数, 退避值倒数为 0 时, 通过请求发送/确认发送(RTS/CTS)握手来接入信道。

值得注意的是, 隐藏终端与暴露终端问题大大影响了单信道 MAC 协议的性能, 导致单信道 MAC 协议的系统吞吐量随着网络中节点的数目以及每个节点的业务量的增加而迅速下降。为了从根本上克服隐藏终端和暴露终端问题, 多信道 MAC 协议得到了广泛应用^[4]。在无线网络中使用多信道的主要优点是它可以使多个发送接收节点对在一给定区域内同时传输。随机多址接入协议通过将不同的传输分配到互不重叠的时间间隔来避免互相干扰。而多信道协议则通过将不同的传输分配到不同的信道和时间上来减少碰撞, 从而引入附加的一维来控制干扰, 有效提高网络吞吐量。

1 多信道 MAC 协议的分类

多信道 MAC 协议大致可分成 4 类^[5]: 公共跳频类、分阶段类、多汇聚类以及公共控制信道类。

1) 对分阶段多信道 MAC 协议, 每个主机只有一个收发信机, 每个时隙分成协商阶段和数据交互阶段。在信道协商阶段, 所有的节点都必须侦听公共信道, 要发送数据的主机在协商阶段预约数据信道, 进入通信阶段再切换到数据信道上通信。这类协议的优点是只需要一个收发信机, 就能解决多信道隐藏终端问题; 不存在控制信道瓶颈问题; 在数据通信阶段公共信道也可用来收发数据, 提高信道利用率。缺点是要求时隙同步。典型代表是多通道介质访问控制(Multi-Channel Medium Access Control, MMAC)协议^[6]。

2) 公共跳频类每个节点只需要 1 个收发信机。所有节点按照一个公共的跳频序列跳频, 有数据收发的那个节点在协商好的信道上停下来不再执行跳频, 开始传输数据, 数据传输完毕重新加入跳频序列; 空闲节点仍同步进行跳频。这类协议的优点是每个节点只需要 1 个收发信机, 且可以使用所有的信道交互数据。缺点是不能解决接收端忙问题且存在较大的延时, 要求时隙同步。该类协议的代表是基于信道跳变的多址接入(Channel-Hopping Multiple Access, CHMA)^[7]。

3) 多会聚类协议每个节点只需要 1 个收发信机, 相比公共跳频方式, 每个主机有它自己的跳频序列, 这些跳频序列部分和其他主机重叠。该类协议分 2 种: 一种是源节点和目的节点处于相同信道时才交互 DATA/ACK, 需要时隙同步; 另一种是源主机主动切换到目的主机所在信道上通信, 不需要时隙同步, 这 2 种多汇聚协议都不支持广播帧。这种协议的典型代表是基于跳频的多信道多址接入(Multi-channel MAC, McMAC)^[8]。

4) 专门控制信道类的多 MAC 协议, 全网有一个专门的公共控制信道。通常情况下, 每个节点需要配置 2 套半双工收发信机, 其中控制收发信机总处于控制信道, 数据收发信机按需在不同的数据信道之间切换, 典型代表是动态信道分配(DCA)^[9]。与前 3 类协议相比, 基于公共控制信道的 DCA 协议不需要网络时间同步, 分布式实现容易, 因而更加适用于 WLAN 环境。

2 DCA 协议的主要问题与研究现状

2.1 DCA 协议及其主要问题

DCA 协议将网络中的一个信道作为公共控制信道(Control Channel, CH), 其余作为数据信道($DH_i, 1 \leq i \leq k, k$ 为数据信道个数), 如图 1 所示。每个节点使用 2 套半双工收发信机, 其中一套为控制收发信机, 长期工作在控制信道上协商数据信道并进行收发控制信息(即 Request-To-Send/Confirm-To-Send/Reservation, RTS-CTS-RES); 另一套为数据收发信机, 当节点在控制信道上协商好数据信道后, 数据收发信机则切换到协商的数据信道来传输数据。

此外, DCA 协议中的每个节点需要维护 2 个信道状态信息表, 一个为信道使用信息列表(Channel Usage List, CUL), 作用为记录邻居节点信道使用情况的状态; 另一个为空闲信道列表(Free Channel List, FCL), 作用为记录本通信节点当前可使用的信道列表, 这 2 张表都是不断根据收到的邻节点的 CTS 和 RES 进行更新的。但是, 在 DCA 协议中, 节点每传输 1 个数据分组均需要完成 3 次握手过程, 即 RTS-CTS-RES 的交互, 其控制握手开销 $\mathcal{G}$ 主要包括: 退避过程、RTS-CTS-RES 的交互过程以及 SIFS 时间间隔, 即:

$$\mathcal{G} = t_{\text{DIFS}} + t_{\text{BK}} + t_{\text{RTS}} + t_{\text{CTS}} + t_{\text{RES}} + 2t_{\text{SIFS}} \quad (1)$$

式中: t_{BK} 为节点进行随机退避的平均时长; $t_{\text{RTS}}, t_{\text{CTS}}$ 和 t_{RES} 分别表示传输 1 个 RTS、1 个 CTS 和 1 个 RES 分

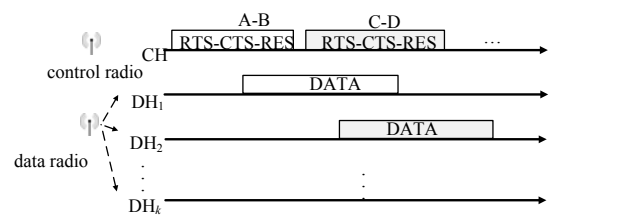


Fig.1 Flow chart of DCA protocol
图 1 DCA 协议流程图

组所需的传输时间; t_{DIFS} 和 t_{SIFS} 分别表示分布式帧间间隔和短帧间间隔的时长。

那么, DCA 协议的传输效率可定义为:

$$\eta = t_d / \mathcal{G} \quad (2)$$

式中 t_d 表示一次数据分组传输的时间, 即 $t_d = t_{\text{DATA}} + t_{\text{SIFS}} + t_{\text{ACK}}$, t_{DATA} 和 t_{ACK} 分别表示传输一个 DATA 和一个 ACK 分组所需的传输时间。

可见, 在 DCA 协议中, 每传输一个 DATA 分组均需要额外的开销 $\mathcal{G}$, 导致 DCA 协议的传输效率较低, 其性能大大受限。假设在传输一次数据分组的开销 $\mathcal{G}$ 基本不变的前提下, 若能有效提升每次传输的数据量, 则可大幅度提升协议的传输效率^[10]。

2.2 研究现状

为了克服 DCA 协议中的控制信道瓶颈问题, YANG Bo 等^[11]将多步信道预约机制引入到多信道框架中, 提出了基于信道预约的多信道 MAC 协议, 在不增加物理硬件复杂度和开销的前提下, 通过在控制信道上的一次成功握手, 来预约数据信道上未来多次数据发送机会, 从而大幅度提升了控制信道接入效率并有效缓解控制信道瓶颈问题。类似的思想还有文献[12], 其通过一次控制握手来预约多个数据传输时隙(slot), 从而可显著提升信道接入效率。另一方面, 协作传输被广泛用来提升无线链路的传输速率^[13], 从而可有效提升控制分组传输速率, 从而在一定程度上缓解了控制信道瓶颈问题。随着 5G 网络相关技术的不断发展^[14], OFDMA 接入技术得到了广泛应用。ZHOU H 等^[15]与 QU Q 等^[16]提出了基于 OFDMA 接入方式的多址接入协议, 通过将一个频率信道划分为多个相互不干扰的频率子信道来为更多的节点提供信道接入机会, 从而可大幅度提升信道接入效率, 这为解决多信道中的控制信道瓶颈问题提供了一种新的解决思路。

3 T-DCA 协议

3.1 T-DCA 协议的核心思想

T-DCA 协议的时序交互流程如图 2 所示。假设网络中的节点 A 和 B 想要通信:

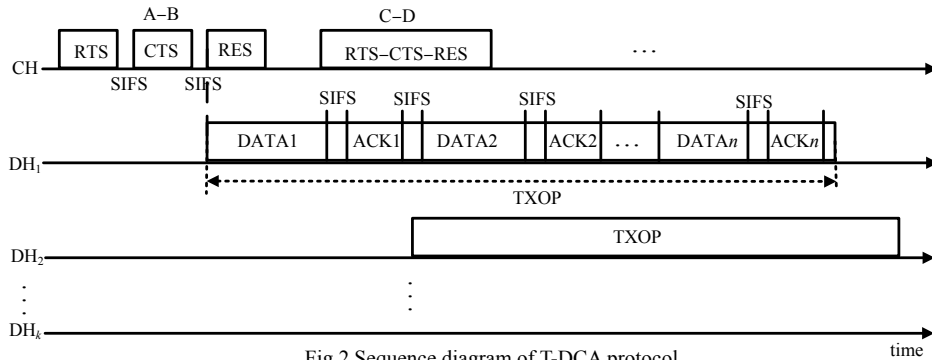


Fig.2 Sequence diagram of T-DCA protocol
图 2 T-DCA 协议的时序图

首先, 节点 A 发送 1 个 RTS 报文给节点 B, 同时 RTS 报文中附带节点 A 的 FCL 表。当节点 B 收到 RTS 后, 一方面, B 解析出 RTS 中所携带的 A 的 FCL 表(记为 FCL_A), 之后将 FCL_A 表与自己维护的 FCL 表(记为 FCL_B)取交集, 从而选出 1 个数据信道, 记为 DH_s , 且有 $\text{DH}_s \in \text{FCL}_A \cap \text{FCL}_B$; 另一方面, 根据 RTS 在控制信道上设置 NAV 时长:

$$\text{NAV}_{\text{RTS}} = t_{\text{CTS}} + t_{\text{RES}} + 2t_{\text{SIFS}} \quad (3)$$

式中: t_{CTS} 和 t_{RES} 分别表示传输 1 个 CTS 和 1 个 RES 分组所需的传输时间; t_{SIFS} 表示短帧间间隔。

之后, 节点 B 发送 CTS 报文给节点 A 附带已经选出的最佳信道 DH_s 。这时在节点 B 的覆盖范围内收到此 CTS 报文信息的邻节点将会更新网络分配矢量(Network Allocation Vector, NAV)以及自己的 CUL 列表, 以保证自己在后续的传输中避免使用数据信道 DH_s 。其中 NAV 设置如下:

$$\text{NAV}_{\text{CTS}} = t_{\text{RES}} + t_{\text{SIFS}} \quad (4)$$

节点 A 收到 CTS 后会发送 1 个 RES 报文信息给周围节点, 以保证其周围邻节点不会使用所选择的数据信道 DH_s 。当 A 与 B 在控制信道上完成控制握手后, 双方将各自的数据收发信机切换到所协商好的数据信道 DH_s 上,

在所预留的 TXOP 时段内进行数据传输。

在 T-DCA 协议中,收发节点对在 1 个 TXOP 内可发送多个 DATA 分组^[17]。令 TXOP 时间长度为 T , 则收发节点在 TXOP 时段内能传输的 DATA 分组个数 N 的计算如下:

$$N = \left\lfloor \frac{T}{t_d} \right\rfloor \quad (5)$$

可以看出, T-DCA 协议的主要创新性如下: 首先, 与传统的 DCA 协议相比, T-DCA 协议通过 1 次成功的握手可以在 TXOP 时段内连续发送多个 DATA 分组, 从而可大幅度提升协议的传输效率, 缓解控制信道瓶颈问题。其次, 在 T-DCA 协议采用的 TXOP 传输模式中, 传输 N 个 DATA 分组所带来的额外控制握手开销仅为 DCA 协议的 $1/N$, 因而大幅度提升了网络整体吞吐量性能。

3.2 T-DCA 协议帧结构设计

基于 IEEE 802.11DCF 协议, T-DCA 协议对 RTS 和 CTS 格式进行了调整, 并构建了 RES 帧, 详细介绍如下:

1) RTS 帧结构

T-DCA 的 RTS 帧中包含了帧控制信息(Frame Control, FC)、持续时间(Duration)、接收地址(Receive Address, RA)、发送地址(Transmit Address, TA)、信道列表(Ch_List)、数据发送时间(Time)以及帧校验(Frame Check Sequence, FCS)。如图 4 所示, 其中, FC 是用于区别不同 MAC 协议的标记; RA 和 TA 记录原地址和目的地址; 信道列表字段包括本节点的免费频道列表(Free Channel List, FCL); 数据发送时间字段等于传输数据的时间; FCS 为校验位。

2) CTS 帧结构

T-DCA 协议的 CTS 帧设置如图 5 所示, 其主要目的是通知发送节点来传送数据帧, 并告知请求节点所协商的数据信道号。收到 CTS 的邻近节点, 将自己的该约定信道设置为忙。与 RTS 帧结构不同的是, 在 CTS 帧中增加了所协商的数据信道号(Ch_num)。

3) RES 帧结构

RES 帧是相对于分布式协调功能(Distributed Coordination Function, DCF)而言特有的帧, 其作用是用来确定源节点和目的节点使用的信道, 防止邻居节点使用该信道。如图 6 所示, RES 主要包含了数据信道号以及数据传输时间字段。其中, 数据信道号表示本次数据传输所协商使用的数据信道编号, 而数据传输时间则表明本次占用数据信道的时长。

可以看出, T-DCA 协议是基于 DCA 协议的框架, 其帧结构与 IEEE 802.11DCF 协议相类似。考虑到目前在 2.4 GHz 频段和 5 GHz 频段上均存在多个不重叠的无线信道^[18], 因而 T-DCA 协议可应用于分布式无线网络中, 如 Ad-Hoc、WLAN 等, 有利于提升信道接入效率与网络的整体吞吐量性能。

4 性能仿真

4.1 主要功能函数

本文采用 NS-2 网络仿真软件^[19]来考察 T-DCA 协议的性能。由于 NS-2 的无线通信模型只支持单信道仿真, 即 1 个 MAC 实体唯一对应 1 个信道, 所以为了方便地进行无线网络的多信道 MAC 协议仿真, 首先将原有的单信道扩展为多信道, 即通过修改无线节点模型, 在 MAC 实体上构建多个物理层接口(NetIF), 且每个 NetIF 对应于 1 个物理信道。

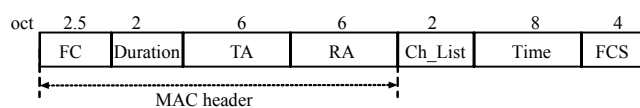


Fig.3 RTS frame
图 3 RTS 帧结构

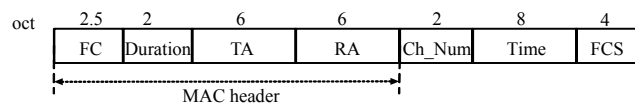


Fig.4 CTS frame
图 4 CTS 帧结构

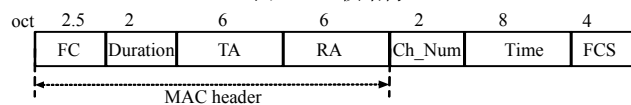


Fig.5 RES frame
图 5 RES 帧结构

表 1 T-DCA 的主要函数
Table 1 Main functions of T-DCA protocol

functions	descriptions
sendRTS()	verify the integrity of the packet, fill the message format; fill the source and destination address; calculate the delay time; put the RTS into the pktRTS buffer
sendCTS()	fill the data format; fill source and destination address; calculate the delay time; select the data channel by calling DCASelect Channel() function; update the available channels list and put the CTS into pktCTRL buffer.
sendRES()	fill the data format; fill the source address; set up the occupied channel as 'active_channel'; calculate the delay time; update the channel occupancy duration; put the packet into the pktRES buffer and ready to send.
recvRES() recvCTS()	get the channel information; update the channel occupancy duration by calling TDCAUpdateCUL() function.

此外,在 IEEE 802.11DCF 的基础上,需要增加新的控制包 RES,以及扩展原有的控制包 RTS 和 CTS 的帧结构。RES 的定义与 CTS 类似,主要包含所协商的数据信道 DHs 以及数据信道所占用的时长等。T-DCA 的主要函数如表 1 所示。

4.2 仿真设置

在本仿真中,考虑单跳网络场景,即所有节点均能感知到彼此的数据传输。假设所有信道均为理想信道,即不考虑物理信道中的差错和误码。假设网络中有 20 个节点,包括 10 个发送节点和 10 个接收节点。可用信道数量为 11,其中 1 个为控制信道,其余 10 个为等带宽的数据信道。控制信道速率为 2 Mbps,用于传输 RTS、CTS、RES 以及 ACK 分组;数据信道速率为 11 Mbps,用于传输 DATA 分组。根据 IEEE 802.11b 协议的标准,最小竞争窗为 $CW_{\min}=15$,最大竞争窗为 $CW_{\max}=1023$, $SlotTime=20\mu s$, $SIFS=10\mu s$, $DIFS=50\mu s$, $TXOP=1ms$,数据分组大小为 1024 bit,其余参数设置可依照 IEEE 802.11b 标准^[20]。

4.3 仿真结果

本文考察的性能指标包括信道接入的冲突概率、网络吞吐量以及平均分组时延,其中信道接入冲突概率的定义为:握手失败的次数除以控制握手的总次数。平均分组时延主要包括 MAC 队列时延、竞争时延以及 DATA 分组的传输时延。

图 6 展示了 T-DCA 协议的 trace 文件截图。由图 6 可以看出,针对编号分别为 18 和 19 的 2 个节点,在通过 1 次控制握手(RTS-CTS-RES)后,18 号节点发送出了 2 个 CBR 数据分组(如图 6 中的方框处所示),且当每个数据分组被正确接收后,19 号节点返回 1 个 ACK,这与 T-DCA 协议的流程是一致的。

与单信道 IEEE 802.11DCF 协议和多信道的 DCA 协议相比,T-DCA 协议仿真结果分别如图 7、图 8 和图 9 所示。图 7 展示了冲突概率随着节点业务量增加的对比情况。从图 7 可以看出,DCF 与 DCA 协议的冲突概率差异并不大,这主要是因为 802.11DCF 机制和 DCA 协议均采用的是基于随机退避竞争的 CSMA/CA 接入方式,因此在竞争节点个数相同的情况下,两者的冲突概率基本相同。对于 T-DCA 协议而言,由于其仅通过 1 次成功的握手,可以获得 1 个 TXOP 的传输机会,在 TXOP 时段内可以连续传输多个 DATA 分组,从而减轻了冲突概率。相比 DCF 和 DCA 而言,T-DCA 冲突概率的降幅约为 15%。

图 8 展示了网络吞吐量随着节点业务量增加的变化情况。从图 8 可以看出,在网络业务量较低的情况下,DCF、DCA 协议和本课题提出的 T-DCA 在吞吐量上差异不大,因为在这些情况下需要传输的数据少,控制信

```

11 s 1.000420000 18 MAC --- 0 RTS 56 [15c 13 12 0]
12 r 1.000640000 19 MAC --- 0 RTS 56 [15c 13 12 0]
13 s 1.000674000 19 MAC --- 0 CTS 36 [ae 12 13 0]
14 r 1.000838000 18 MAC --- 0 CTS 36 [ae 12 13 0]
15 s 1.000848000 18 MAC --- 0 UNCH 36 [0 130000 fca9 0]
16 r 1.001820000 19 MAC --- 0 RTS 56 [15c 11 10 0]
17 s 1.001252000 19 MAC --- 9 cbr 1024 [26 13 12 0] ----- [18:0 19:0 32 19] [0] 0 0
18 r 1.001262000 19 MAC --- 0 ACK 14 [0 12 0 0]
19 s 1.001700000 18 MAC --- 0 ACK 14 [0 12 0 0]
20 r 1.001300000 18 MAC --- 19 cbr 1024 [26 13 12 0] ----- [18:0 19:0 32 19] [1] 0 0
21 s 1.001326000 17 MAC --- 0 RTS 56 [15c 11 10 0]
22 s 1.001336000 17 MAC --- 0 CTS 36 [ae 10 11 0]
23 s 1.001500000 16 MAC --- 0 CTS 36 [ae 10 11 0]
24 r 1.001510000 16 MAC --- 0 UNCH 36 [0 110000 fca9 0]
25 s 1.001510000 16 MAC --- 0 cbr 1024 [26 13 12 0] ----- [16:0 17:0 32 17] [0] 0 0
26 s 1.001704000 19 MAC --- 19 cbr 1024 [26 13 12 0] ----- [18:0 19:0 32 19] [1] 1 0
27 r 1.001714000 19 MAC --- 0 ACK 14 [0 12 0 0]
28 s 1.001742000 18 MAC --- 0 ACK 14 [0 12 0 0]
29 r 1.001804000 14 MAC --- 0 RTS 56 [15c f e 0]
30 s 1.001914000 17 MAC --- 0 cbr 1024 [26 11 10 0] ----- [16:0 17:0 32 17] [0] 1 0
31 s 1.001924000 17 MAC --- 0 ACK 14 [0 10 0 0]
32 r 1.001952000 16 MAC --- 0 ACK 14 [0 10 0 0]
33 s 1.001962000 16 MAC --- 18 cbr 1024 [26 11 10 0] ----- [16:0 17:0 32 17] [1] 1 0
34 s 1.002128000 15 MAC --- 0 RTS 56 [15c f e 0]
35 r 1.002138000 15 MAC --- 0 CTS 36 [ae e f 0]
36 s 1.002302000 14 MAC --- 0 CTS 36 [ae e f 0]
37 r 1.002302000 14 MAC --- 0 CTS 36 [ae e f 0]

```

Fig.6 Screenshot of trace of T-DCA protocol

图 6 T-DCA 协议的 trace 文件截图

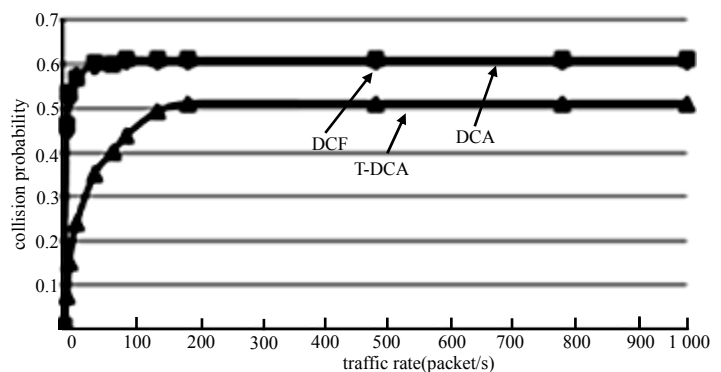


Fig.7 Collision probability versus node traffic rate

图 7 冲突概率随着节点业务量增加的变化

道上完成协商的压力不大。而随着业务量的增加, 协商的次数增多, 控制信道上的负载变大, 3 种协议的差距立即显示出来, 在饱和的情况下, T-DCA 的吞吐量相比于 DCF 增加了 182%, 比 DCA 增加了 101%。在这 3 种协议中, DCF 是单信道协议, 自然地, 随着业务量的增加, 单信道握手次数必然增加, 但是只有 1 条信道, 信道竞争必然困难, 所以很容易达到饱和, 导致吞吐量最低; 对于 DCA 协议, 随着控制信道上数据传输量增大, 已无法满足数据信道的需求, 最终的吞吐量受到控制信道资源不足的限制, 所以比 T-DCA 协议的吞吐量低; 至于 T-DCA 协议, 一次握手可以发送多个数据, 很大程度上缓解了控制信道上的压力, 在控制信道饱和的情况下, 控制信道的使用情况与 DCA 协议基本相同, 但是数据信道的使用效率高于 DCA, 所以吞吐量最大。

图 9 展示了平均分组时延随着节点业务量增加的变化情况。从图 9 可以看出, 随着业务量的增加, T-DCA 协议的性能优势愈加显露出来。在业务饱和的情况下, 本文提出的 T-DCA 相比于 DCF, 时延下降了 62.6%, 相比于 DCA 下降了 48.8%。由于 DCF 为单信道 MAC 协议, 控制握手过程和数据传输过程在一个信道完成, 相对于多信道 MAC,

信道竞争比较激烈, 所以时延最大。对于 T-DCA 而言, 通过一次控制握手就可以发送多个数据, 同时, 因为是多信道 MAC, 可以在控制信道上连续地竞争接入, 等待时间短, 因此平均分组时延最小。

5 结论

本文以 DCA 协议所存在的控制信道瓶颈问题为切入点, 提出了一种基于 TXOP 传输机制的多信道 MAC 协议(T-DCA)。通过结合 IEEE 802.11e 中 TXOP 传输机制, 使得收发节点在完成一次控制握手后可以连续传输多个 DATA 分组。仿真结果表明, T-DCA 协议大幅度提高了系统的吞吐量和平均分组时延, 并有效缓解了控制信道的冲突。

参考文献:

- [1] ALA-LAURILA J, MIKKONEN J, RINNEMAA J. Wireless LAN access network architecture for mobile operators[J]. Communications Magazine, IEEE, 2001(39):82-89.
- [2] GOLDSMITH, ANDREA. Wireless communications[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- [3] NG P C, LIEW S C, SHA K C, et al. Experimental study of hidden node problem in IEEE 802.11 wireless networks[J]. Sigcomm Poster, 2005(26):1-2.
- [4] 李宾. 无线局域网多速率和多信道 MAC 协议研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2008. (LI Bin. Research on multi-rate and multi-channel MAC protocol for wireless local area networks[D]. Xiamen, China: Xiamen University, 2008.)
- [5] MO J, SO H S W, WALRAND J. Comparison of multichannel MAC protocols[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2008, 7(1): 50-65.
- [6] SO J, VAIDYA N. Multi-channel MAC for ad hoc networks: handling multi-channel hidden terminals using a single transceiver[C]// ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing. Roppongi Hills, Tokyo, Japan: ACM, 2004: 222-223.

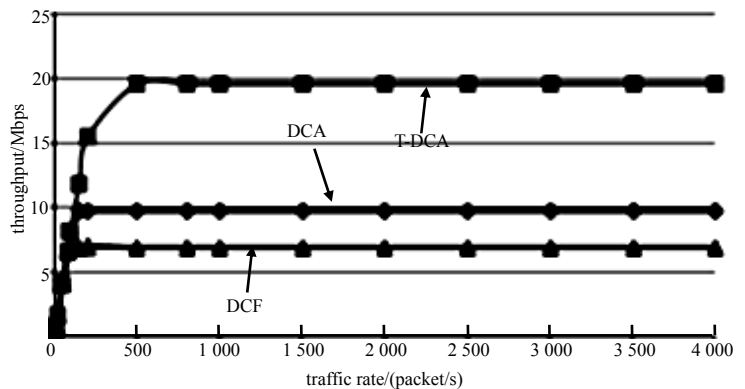


Fig.8 Network throughput versus node traffic rate
图 8 网络吞吐量随着节点业务量增加的变化

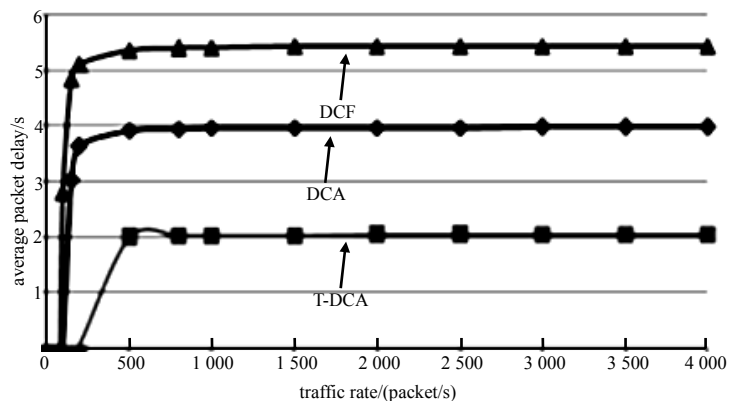
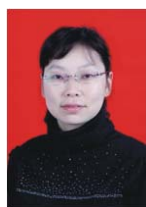


Fig.9 Average packet delay versus node traffic rate
图 9 平均分组时延随着节点业务量增加的变化

- [7] TZAMALOUKAS, GATCIA-LUNA-ACEVES J J. Channel-Hopping multiple access[C]// Proc.IEEE ICC 2000. New Orleans, LA,USA:IEEE, 2000:415–419.
- [8] SO H S W,WALRAND J,MO J. McMAC:a multi-channel MAC proposal for ad hoc wireless networks[C]// Proc. of IEEE WCNC. Hongkong,China:IEEE, 2007:334–339.
- [9] WU S L,LIN C Y,TSENG Y C,et al. A new multi-channel MAC protocol with on-demand channel assignment for multi-hop mobile Ad Hoc networks[C]// Int'l Symposium on Parallel Architectures,Algorithms and Network. Dallas,TX,USA:IEEE, 2000:232–237.
- [10] LUO T,MOTANI M,SRINIVASAN V. Cooperative asynchronous multichannel MAC:design,analysis, and implementation[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2009,8(3):338–352.
- [11] YANG B,LI B,QU Q,et al. A new multi-channel MAC protocol based on multi-step channel reservation[C]// Signal Processing, Communications and Computing(ICSPCC),2014 IEEE International Conference on Signal Processing. Guilin,China:IEEE, 2014:603–607.
- [12] YANG B,LI B,YAN Z,et al. A distributed multi-channel MAC protocol with parallel cooperation for the next generation WLAN[C]// Wireless Communications and Networking Conference Workshops(WCNCW). Doha,Qatar:IEEE, 2016:327–332.
- [13] CAO X, SONG Z,YANG B. TR-MAC:a multi-step slot reservation-based hybrid MAC protocol for ad hoc networks[C]// Signal Processing,Communications and Computing(ICSPCC), 2015 IEEE International Conference on Signal Processing. Ningbo,China:IEEE, 2015:1–5.
- [14] ANDREWS J G,BUZZI S,CHOI W,et al. What will 5G be?[J]. IEEE Journal on selected areas in communications, 2014, 32(6):1065–1082.
- [15] ZHOU H,LI B,YAN Z,et al. A channel bonding based QoS-aware OFDMA MAC protocol for the next generation WLAN[J]. Mobile Networks and Applications, 2016:1–11.
- [16] QU Q,LI B,YANG M,et al. An OFDMA based concurrent multiuser MAC for upcoming IEEE 802.11 ax[C]// Wireless Communications and Networking Conference Workshops(WCNCW). New Orleans,LA,USA:IEEE, 2015:136–141.
- [17] 魏芳. IEEE 802.11e 中 TXOP 和接入控制机制的研究与改进[D]. 成都:电子科技大学, 2010. (WEI Fang. Research and improvement of TXOP and access control mechanism in IEEE 802.11e[D]. Chengdu,China:UESTC, 2010.)
- [18] Federal Communications Commission. FCC increases availability of spectrum for high-speed,high-capacity Wi-Fi and other unlicensed uses in the 5 GHz band[Z]. 2014.
- [19] UC Berkeley. The network simulator NS-2[EB/OL]. [2011–01–01]. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.
- [20] IEEE-SA Standard Board. 802.11Part 11:wireless LAN medium access control and physical layer specifications[Z]. 2012.

作者简介:



王 静(1980–), 女, 陕西省安康市人, 高级实验师, 主要研究方向为计算机软件.
email:wangjing_akxy@163.com.