

基于 CSMA/CA 协议的隐藏终端问题的改进

姜绍君,王 颖

(大连理工大学,辽宁 大连 116600)

摘 要:在无线局域网中,当节点采用竞争方式访问信道时,隐藏终端和其他节点可能同时利用信道发送数据,引起数据碰撞。在 CSMA/CA 协议中,增加数据收发的控制分组,正确表示数据收发开始和停止的时间,代替网络分配矢量(NAV),使得隐藏终端和其他节点按照先后顺序发送数据,实现可靠的数据传输。在 CC2530 芯片设计的方法中,实验结果表明降低了隐藏终端干扰造成的误码率;在 NS-2 仿真器评估的方法中,仿真结果表明控制分组对于网络其他性能影响小。通过两种方法验证了改进 MAC 协议的有效性。

关键词:无线局域网;CSMA/CA;隐藏终端;CC2530;NS-2 仿真

中图分类号:TN915.01

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)01-0033-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.01.008

Improvement of Hidden Terminal Problem Based on CSMA/CA Protocol

JIANG Shao-jun, WANG Ying

(Dalian University of Technology, Dalian 116600, China)

Abstract: When the node contends channel in wireless local area networks, it will occur data collision because the hidden terminal and other node may access channel concurrently. In the CSMA/CA protocol, the control packets is used for representing starting or stopping of data transmission time instead of Network Allocation Vector (NAV), thus the data is send in sequence for the hidden terminal and other node, realizing reliable data transmission. Experiments on the CC2530 chip show that the error rate of hidden terminal interference is reduced. Simulations on the NS-2 show that the control packets had less impact on other network performances. The effectiveness of improved MAC protocol is proved by two methods.

Key words: WLAN; CSMA/CA; hidden terminal; CC2530; NS-2 simulation

0 引言

无线局域网的各个节点通过 MAC 协议访问无线信道,传输数据信息。MAC 协议对网络的吞吐量等整体性能起着尤为重要的作用。根据信道访问策略的不同,MAC 协议大致分为三类:竞争协议、调度协议和混合协议^[1]。竞争协议根据需求分配信道,较好地满足节点数量和网络负载的变化,不需要复杂的时间同步和集中控制调度算法,易于实现。

载波侦听多址访问(Carrier Sense Multiple Access, CSMA)是最典型的竞争协议。通过竞争无线信道发送数据,若无线信道产生冲突,就按照某种策略重发数据,直到数据发送成功或者放弃发送为止。但是,当一个节点发出数据时,网络中其他的节点并不一定都能正确接收。尤其,当出现隐藏终端问题时,使得普通的 CSMA 协议不能很好地工作。

为了解决隐藏终端的问题,提出了各种解决方法^[2-6]。在文献[7]中,MACA 协议采用 RTS/CTS 两种分组的握手机制解决隐藏终端的问题。在文献[8]中,ACAW 协议增加了 ACK、DS、RRTS 等分组,通过 RST/CTS/DS/DATA/ACK 五次握手或者 RRTS/RTS/CTS/DS/DATA/ACK 六次握手机制解决隐藏终端的问题。在文献[9-10]中,FAMA 协议采用两种不同的策略:FAMA-NCS 协议增加 CTS 分组的持续时间长度,隐藏终端检测到部分 CTS 分组,推迟发送信息;FAMA-NPS 协议要求数据接收端发送多个 CTS 分组,隐藏终端接收到完整的 CTS 分组,推迟发送信息。在文献[11-13]中,基于 802.11 CSMA/CA 协议在 CSMA 协议基础上结合 RTS 分组、CTS 分组、ACK 分组、网络分配矢量(Network Allocation Vector, NAV)等控制信息,解决隐藏终端的问题。

收稿日期:2014-01-03

修回日期:2014-04-09

网络出版时间:2014-11-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61172107)

作者简介:姜绍君(1974-),男,硕士,讲师(大连理工大学城市学院),研究方向为传感器检测技术、无线传感器网络。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141117.2202.002.html>

文中首先分析了在 802.11 CSMA/CA 协议中存在的隐藏终端的碰撞问题。然后,在数据传输过程中,增加了表示数据收发开始和停止时间的控制分组,来解决隐藏终端数据碰撞的问题。最后,利用 CC2530 RF 收发芯片搭建的实验平台和 NS-2 仿真器验证改进的 MAC 协议的效果。

1 相关研究工作

1.1 隐藏终端

隐藏终端是指一个终端节点位于接收者的通信范围之内,而在发送者的通信范围之外^[14]。隐藏终端因为侦听不到发送节点的发送而可能向同样的接收节点发送数据,造成数据碰撞,影响信道的利用率。当节点 A 向节点 B 发送数据时,节点 C 处在节点 A 的覆盖范围以外而处在节点 B 的覆盖范围内,因此,节点 C 是隐藏终端。

1.2 基于 802.11 CSMA/CA 协议

通过载波侦听,可以降低数据碰撞。载波侦听包括物理载波侦听和虚拟载波侦听。物理载波侦听利用无线信号的能量、载波频率等特征,判断信道是否空闲。虚拟载波侦听机制利用 NAV 的数值大小判断信道是否空闲。NAV 可以看作定时器,表示完成数据传输需要持续的时间。当 NAV 的值以均匀的速度递减为 0 时,表示信道空闲;否则,信道忙。

一方面,CSMA/CA 协议在 CSMA 协议中结合 RTS 和 CTS 两个控制分组预约信道,降低隐藏终端碰撞。如图 1 所示,源节点在发送 RTS 分组之前,必须先侦听无线信道一段时间 DIFS。如果侦听到无线信道空闲,那么源节点就开始发送 RTS 分组。目的节点收到 RTS 分组后,侦听无线信道一段时间 SIFS。如果无线信道空闲,就发送一个 CTS 分组。源节点收到 CTS 分组后,如果信道空闲时间 SIFS 后,就发送一个数据分组。目的节点接收到数据分组后,如果信道空闲时间 SIFS 后,就返回应答分组 ACK。当其他节点侦听到无线信道忙时,就进入退避过程,直到信道空闲时间 DIFS 后,开始竞争。

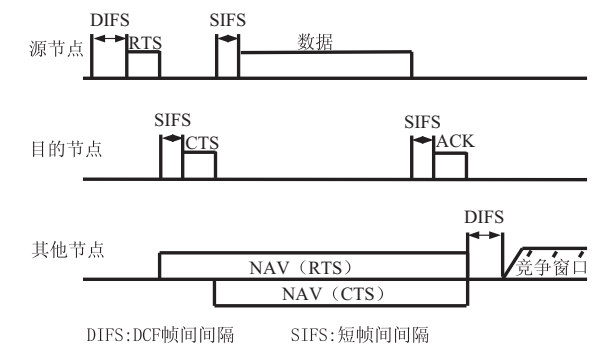


图 1 802.11 CSMA/CA 访问机制

另一方面,在源节点和目的节点的数据分组传输过程中,通过 NAV 控制其他节点访问无线信道,也能降低隐藏终端碰撞。如图 1 所示,在 RTS 分组和 CTS 分组中均包含一个 NAV,当所有其他节点接收到 RTS 分组或者 CTS 分组之后,必须更新各自的 NAV 的值。在 RTS ~ ACK 期间,所有其他节点 NAV 数值不为 0 时,则不能访问无线信道,避免碰撞。等到 NAV 递减为 0 之后,才能开始竞争无线信道。

2 改进的 CSMA/CA 协议

基于 802.11 CSMA/CA 协议可以降低隐藏终端碰撞。但是,由于精确估计节点之间数据传输持续的时间 NAV 比较困难,所以当 NAV 的值与实际传输持续的时间不一致时,就会出现提前竞争或者延迟竞争访问无线信道的情况。如图 2(a) 所示,如果 NAV 的值小于实际传输持续的时间,那么其他节点就提前竞争访问无线信道,引起隐藏终端碰撞。

由于 NAV 的估值可能引起提前访问信道的问题,所以增加两对控制分组:数据发送开始(Data Send Start, DSS)和数据发送完成(Data Send Finish, DSF)、数据接收开始(Data Receive Start, DRS)和数据接收完成(Data Receive Finish, DRF),来明确源节点和目的节点使用信道的的时间范围。如图 2(b) 所示,在源节点发送数据之前和接收到 ACK 之后,分别加入 DSS 和 DSF 分组;在接收节点发送 CTS 之后和发送 ACK 之后,分别加入 DRS 和 DRF 分组。这两对控制分组准确描述了数据收发开始和停止的时间,有效避免隐藏终端提前竞争信道发生碰撞问题,或者延后竞争信道。

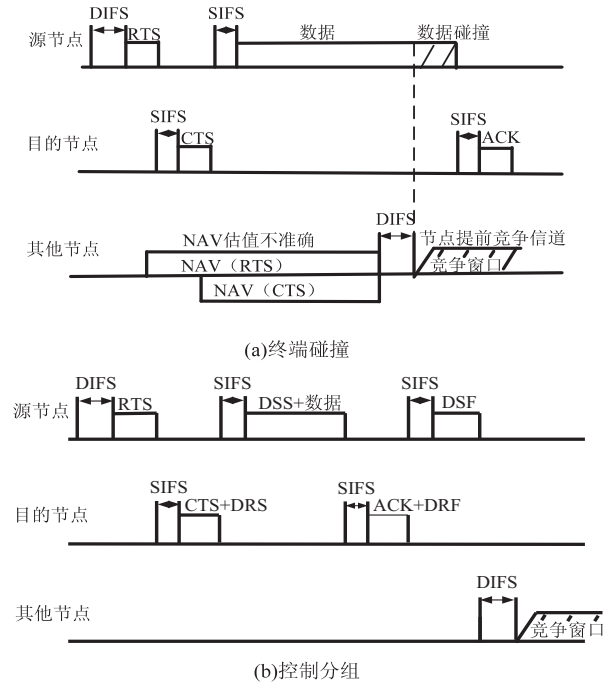


图 2 改进 MAC 协议避免碰撞过程

3 性能分析

为了分析改进后的 CSMA/CA 协议的有效性,一方面通过 CC2530 芯片设计的实验平台验证改进 MAC 协议降低误码率的效果;另一方面,由于增加了两对控制分组,使用 NS-2 仿真器评估改进 MAC 协议对于网络传输性能的影响。

3.1 实验设计

文中设计的无线局域网络节点采用 TI 公司的 CC2530 芯片^[15],内部集成了高性能射频(Radio Frequency, RF)收发器、工业标准增强型 8051MCU 内核、256 KB Flash ROM 和 8 KB RAM 等。为了侦听载波信号,利用 RF 收发器内置的数字化接收信号强度指示(Received Signal Strength Indication, RSSI)的数值,检测接收信号的功率大小,并判断空闲信道评估(CCA)的状态。节点与 PC 机之间利用 RS232 串口协议实现通信。通过 PC 的串口调试软件,发送数据给 CC2530,显示 CC2530 接收的数据,以及监测 CC2530 芯片内部的 RSSI 等寄存器的状态。

3.2 实验结果

实验的网络拓扑包括 3 个节点,节点 A 为源节点,节点 B 为目的节点,节点 C 为隐藏终端。节点 A、B 之间的距离保持不变,节点 B、C 之间的距离变化。基于 802.11 CSMA/CA 协议采用这种实验方法:当 RTS/CTS 握手成功之后,NAV 递减为 0 而实际信道忙的情况时,节点 A、C 同时向节点 B 发送数据。改进的 MAC 协议采用另一种实验方法:当节点 B 接收完节点 A 的数据之后,发送给节点 A、C 数据接收完成的信息(ACK+DRF),然后节点 C 向节点 B 发送数据。

实验数据见表 1。在两种不同的 MAC 协议下,当节点 A 发射功率保持不变时,节点 C 发射功率、RSSI 数值和误码率三者之间的关系如表所示。其中,误码率为错误接收到的二进制数的个数和正确接收到的二进制数的个数之比。由表 1 可知,当使用 802.11 CSMA/CA 协议时,随着节点 C 发射功率的增大,误码率随之增大,即隐藏终端干扰数据越来越严重。当使用改进的 MAC 协议时,无论传输距离如何变化,误码率都为 0,避免隐藏终端数据碰撞。

表 1 不同 MAC 协议的误码率

节点 B 和 C 之间的距离/m	接收 RSSI 值/dBm	CSMA/CA 协议误码率/%	改进的 MAC 协议误码率/%
60	-24	0	0
40	-18	13	0
20	-10	62	0
10	-7	92	0
5	-2	97	0

3.3 仿真场景

使用 NS-2 仿真器评估改进后的 CSMA/CA 协议的网络传输性能^[16]。在 NS 仿真实验平台中,假设无线网络包含 1 个协调器和 N 个节点设备,以单跳星形方式组网,隐藏终端节点仅占 N 个节点设备中的 1/10 个。CSMA/CA 协议仿真参数设置如表 2 所示。

表 2 仿真参数

参数	数值
Packet Payload/bit	8 148
MAC Header/bit	272
PHY Header/bit	128
ACK/bit	112
RTS/bit	160
CTS/bit	112
DSS/bit	112
DSF/bit	112
DRS/bit	112
DRF/bit	112
Channel Bit Rate/(Mbit/s)	1
Propagation Delay/ μ s	1
Slot Time/ μ s	50
SIFS/ μ s	28
DIFS/ μ s	128
ACK_Timeout/ μ s	300
CTS_Timeout/ μ s	300
CW _{min}	16
CW _{max}	128

3.4 仿真结果

由图 3 可知,随着节点数目的增大,两种 MAC 协议的数据吞吐量都减小。当节点数目较小时,两种 MAC 协议的吞吐量差别不大;当节点数目较大时,由于增加的两对控制分组,改进的 MAC 协议的吞吐量明显比原始 MAC 协议小。

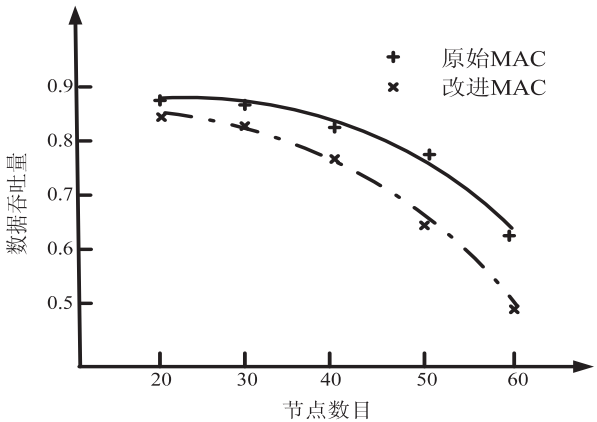


图 3 数据吞吐量

由图 4 可知,随着节点数目的增大,两种 MAC 协议的平均延时都增大。当节点数目较小时,两种 MAC 协议的平均延时大致相同;当节点数目较大时,由于增加的两对控制分组,改进的 MAC 协议比原始 MAC 协议的平均延时大很多。

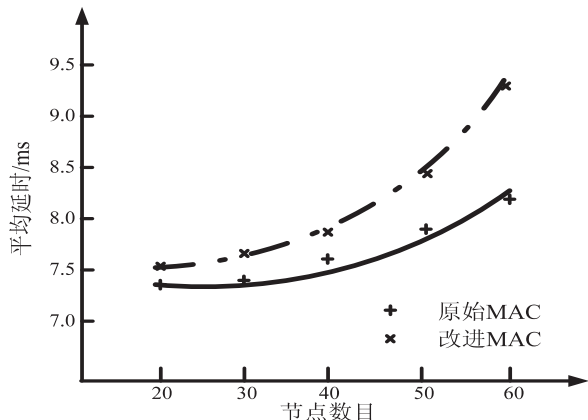


图 4 平均延时

无论节点数目多少改进 MAC 协议都能够避免碰撞,正确传输数据。但是,利用原始 MAC 协议的数据正确传输受到隐藏终端节点数目影响却很大。

4 结束语

改进的 MAC 协议增加数据收发起止控制分组,准确控制隐藏终端竞争无线信道开始和停止的时刻,避免数据碰撞,解决了隐藏终端的干扰。当节点设备数目较少时,改进的 MAC 协议对于无线网络的数据吞吐量、平均延时几乎没有影响。改进的 MAC 协议对于网络数据正确传输具有非常重要的工程实用价值。

参考文献:

- [1] 陈林星,曾 曦,曹 毅. 移动 Ad Hoc 网络[M]. 北京:电子工业出版社,2006:57-58.
- [2] Shih K P, Liao W H, Chen H C, et al. On avoiding RTS collisions for IEEE 802. 11-based wireless ad hoc networks[J]. Computer Communications, 2009, 32(1): 69-77.
- [3] Wang Lu, Wu Kaishun, Hamdi M. Combating hidden and ex-

posed terminal problems in wireless networks[J]. IEEE Transaction on Wireless Communication, 2012, 11(11): 4204-4213.

- [4] 任 远,董淑福,王耀国. 数据链中隐藏终端问题的几种解决方法[J]. 通信技术, 2009, 42(9): 54-56.
- [5] 饶国威,杜明辉,万 泉. 无线局域网中移动隐藏终端的自适应算法[J]. 计算机工程, 2007, 33(4): 105-107.
- [6] 何 婧,李 波,陈 轶. 无线网络中隐藏终端的干扰特性研究[J]. 测控技术, 2011, 30(4): 87-90.
- [7] Karn P. MACA - a new channel access method for packet radio[C]//Proc ARRL/CRRL amateur radio 9th computer networking conference. [s. l.]: [s. n.], 1990: 134-140.
- [8] Bharghavan V, Demers A, Shenker S, et al. MACAW: a media access protocol for wireless LANs[C]//Proceedings of ACM SIGCOMM'94. [s. l.]: [s. n.], 1994: 212-225.
- [9] Garcia-Luna-Aceves J J, Fullmer C L. Floor Acquisition Multiple Access (FAMA) in single-channel wireless networks[J]. Mobile Networks and Applications, 1999, 4: 157-174.
- [10] Garcia-Luna-Aceves J J, Fullmer C L. Solutions to hidden terminal problems in wireless networks[C]//Proceedings of ACM SIGCOMM'97. [s. l.]: [s. n.], 1997: 39-49.
- [11] Bianchi G. Performance analysis of the IEEE 802. 11 distributed coordination function[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18(3): 535-547.
- [12] Part 11: wireless LAN medium access control MAC and physical layer PHY specifications[S]. IEEE Std 802. 11 - 1999, 2011.
- [13] 刘桂开,单春丽,王洪江. 基于握手机制解决隐藏和终端暴露终端问题[C]//2008 年中国通信学会无线及移动通信委员会学术年会论文集. 出版地不详: 出版者不详, 2008: 712-720.
- [14] 许 毅. 无线传感器网络原理及方法[M]. 北京:清华大学出版社, 2012: 126-130.
- [15] CC253Xuser's guide[EB/OL]. [2010-06-25]. <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc2530.html>.
- [16] 蒋子峰,陆建德. IEEE802. 15. 4 动态自适应 CSMA/CA 算法设计与仿真[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(9): 69-73.

基于CSMA/CA协议的隐藏终端问题的改进

作者：[姜绍君](#)，[王颖](#)，[JIANG Shao-jun](#)，[WANG Ying](#)

作者单位：[大连理工大学, 辽宁 大连, 116600](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015(1)

引用本文格式：[姜绍君](#). [王颖](#). [JIANG Shao-jun](#). [WANG Ying](#) [基于CSMA/CA协议的隐藏终端问题的改进](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2015(1)