

基于双信道定向天线的 Ad Hoc MAC 协议的研究

秦 军¹, 薛 伟²

(1. 南京邮电大学 教育科学与技术学院, 江苏 南京 210003;
2. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

摘 要: Ad Hoc MAC 协议可以使用定向天线来提高信道复用率, 从而提高网络的容量。但是, 使用 DMAC 协议会导致“听不见”问题, 并且网络的吞吐量较低。虽然对此已有一些改进, 减轻了“听不见”问题, 但依旧存在网络吞吐量的问题。文中主要针对 DMAC 的缺陷和不足, 提出了一种基于定向天线的双信道 MAC 协议, 将控制信息以全向天线在控制信道上发送, 数据信息以定向天线在数据信道上发送, 进一步减轻“听不见”问题并且提高了信道复用率。模拟仿真测试表明, 这种基于双信道定向天线的 MAC 协议对 DMAC 中的缺陷和不足有较大的改进。

关键词: Ad Hoc MAC 协议; DMAC 协议; “听不见”问题; 吞吐量

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)07-0185-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.07.046

Research on Ad Hoc MAC Protocol Based on Dual-channel Directional Antennas

QIN Jun¹, XUE Wei²

(1. College of Education Science and Technology, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. College of Computer, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Ad Hoc MAC protocols using directional antennas can be used to improve the channel reuse rate, thus rising networks capacity. But, using MAC protocol has the problem of deafness and a poor throughput performance. There is some improvement to these problems and the problem of deafness is mitigated, but throughput performance is still poor. In this paper, considering flaw and shortage of DMAC protocol, propose a dual-channel MAC protocol using the omnidirectional antenna for control channel and directional antennas for data channel. A dual-channel MAC protocol using directional antennas is proposed to mitigate deafness problem and improve the channel reuse rate. Simulation tests show the MAC protocol based on dual-channel directional antennas has better improvement for flaw and shortage of DMAC.

Key word: Ad Hoc MAC protocol; DMAC protocol; “deafness” problem; throughput

0 引 言

Ad Hoc 网络是由若干移动站点在不依赖任何固定网络基础设施条件下组成的无线多跳自生成、自适应网络^[1]。近年来, Ad Hoc 网络日益成为一个非常活跃的研究领域。当前, 无线数据传输大都基于全向天线模式, 包括 IEEE802.11 在内的大多数媒体接入控制 (MAC) 协议也都采用了这些技术。但是, 在全向模式下, 信号的电磁能量空间覆盖范围广, 只有一小部分能量到达预定的接收机; 而在定向天线模式下, 信号能量

在预定方向上得到加强, 在其他方向上得到削弱, 提高了能量利用效率。DMAC 协议^[2]的优点就是可以提高空间复用率并且降低能量的消耗。但是, 在 DMAC 协议中 DRTS 会导致“听不见”问题并且加剧隐终端问题^[3], 所以需要设计一种新的 MAC 协议, 既能充分利用定向天线的长处, 又能克服相应的问题。

1 DMAC 协议

DMAC (Directional MAC) 协议是在 IEEE802.11

DCF 协议^[4]的基础上改进,发送端发送 RTS,接收端发送 CTS 告知其邻节点屏蔽自己,以防止发生碰撞。该协议可以获得比较高的吞吐量,整体性能明显优于 802.11。

1.1 DMAC 协议的定义

在 DMAC 协议中,当发送端所有方向的定向天线没有被屏蔽时就发送 ORTS (Omnidirectional RTS),当一个或多个定向天线被屏蔽时则使用 DRTS,听到 RTS 或 CTS 的定向天线就会被屏蔽以防止 DDATA 和 DACK 与 RTS 或 CTS 之间的碰撞。

1.2 DMAC 协议的不足和缺陷——“听不见”问题

DMAC 协议所造成的“听不见”问题如图 1 所示。从图 1 中可看出,节点 A 所有的定向天线没有被屏蔽,因此节点 A 就发送 ORTS 给节点 B,节点 B 发送 OCTS 给节点 A,然而节点 C 在节点 A 发送的 ORTS 覆盖范围之内,所以节点 C 被覆盖的定向天线就被屏蔽,节点 C 就发送 DRTS 给节点 D,从这一角度讲,定向传输可以提高信道的复用率。然而此时听到节点 A 发送的 ORTS 的节点 E 只能发送 DRTS 给节点 C,由于节点 C 正将波束指向节点 D,所以不接收节点 E 的 DRTS,由于节点 E 没有收到节点 C 回应的 CTS,就一直重发 DRTS,一直达到重发门限,从而导致网络容量产生不必要的浪费。而且 E 在每次重发失败后增加它的退避时间^[5],造成不公平性。这就是“听不见”问题。

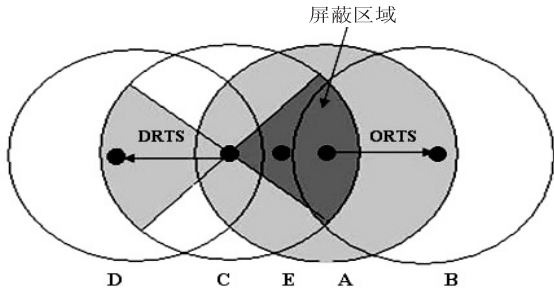


图 1 DMAC 协议所造成的“听不见”问题

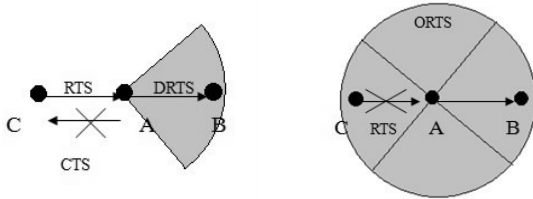
2 Ad Hoc 网络中设计 DMAC 协议

引入定向天线的 Ad Hoc 网络,需要一种相应的 MAC 协议,该协议既能发挥定向天线的优势,又能有效解决由此带来的问题,进一步提高网络吞吐量。

2.1 基于定向天线的双信道 MAC 协议

基于定向天线的双信道 MAC 协议 (DUCHA-DMAC),实质上是在原有的 DMAC 协议上加一个控制信道,采用 ORTS-OCTS-DDATA-DACK 的交互方式如图 2 所示,各节点通过使用 GPS 接收器^[6-7]来获得邻节点的位置信息。ORTS 和 OCTS 在控制信道上发送,DDATA 和 DACK 在数据信道上发送。在控制信道上发送 ORTS/OCTS 可以克服“听不见”问题。从图 2

(a)中可以看出,节点 A 发送 DRTS 给节点 B,此时节点 C 发送 RTS 给节点 A,由于节点 A 听不到 C 发送的 RTS,导致 C 不断地重新发送 RTS,A 就成为了聋节点。DUCHA-DMAC 协议发送 ORTS 由图 2(b)所示,在图 2(b)中,节点 A 在控制信道上发送 ORTS 给节点 B,节点 C 听到节点 A 的 RTS 后更新自己的 DNAV 表,节点 C 在发送 RTS 之前检查自己的 DNAV 表^[8-9],发现节点 A 是聋节点,也就不会发送 RTS 给节点 A,这就解决了“听不见”问题。

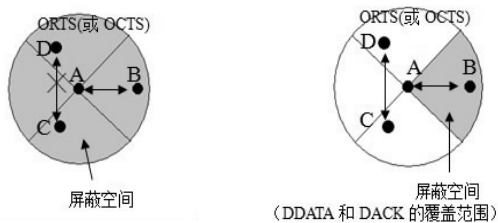


(a) DMAC 协议中的 DRTS (b) DUCHA-DMAC 协议中的 ORTS

图 2 采用 ORTS-OCTS-DDATA-DACK 的交互方式

2.2 定向天线的屏蔽问题

定向天线的屏蔽问题^[10-11]由图 3 所示。从图 3(a)可看出,在 DMAC 协议中,节点 C 和 D 的定向天线听到节点 D 发送的 ORTS 或 OCTS 后将被屏蔽,以防止 ORTS/OCTS 与 DDATA/DACK 发生碰撞。然而在图 3(b)中可看出,在 DUCHA-DMAC 协议中将控制信息和数据信息放在两个不同的信道上发送就可以避免这个问题。DUCHA-DMAC 协议中,各节点根据收到的 ORTS/OCTS 来更新 DNAV 定位表,从而达到解决定向天线屏蔽的问题。



(a) DMAC 协议中的屏蔽区域 (b) DUCHA-DMAC 协议中的屏蔽区域

图 3 定向天线的屏蔽

以图 4 为例来说明节点是如何应用定位表来屏蔽定向天线的。从图 4 可看出,节点 A 向节点 B 发起传送,节点 C、D 为邻节点,它们都能收到来自 A 的 RTS 包,这个 RTS 包中包括发送节点和目的节点 A、B,以及两节点的发送波束号和接收波束号。下面来看各邻节点是如何来更新自己的 DNAV 表的。节点 C 通过检查定位表知道 A 用波束 4 收到它的消息,B 用波束 2 接收到它的消息,那么节点 C 会“意识到”它会干扰节点 A、B 的顺利接收,因此节点 C 会传输延时,波束 2 和波束 4 会被屏蔽并且以一定的时间间隔来更新 DNAV 表。再来看节点 D,它知道节点 A 以波束 3 接

收到它的消息,但 A 是以波束 4 和节点 B 进行通信的,所以节点 D 知道节点 A 不会收到它的 RTS,也就不会发送 RTS 给 A,这样也就解决了“听不见”问题,提高了信道复用率,同时节点 D 知道节点 B 用波束 2 收到它的 RTS,并“意识到”它只会干扰到接收,则节点 D 的波束 4 会被屏蔽并且以一定的时间间隔更新 DNAV 表。

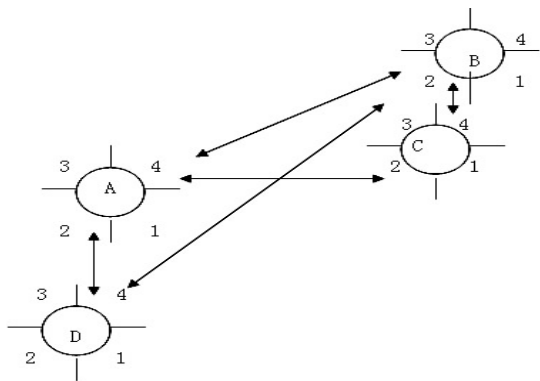


图4 节点应用定位表的举例

3 仿真结果与分析

根据前述的方案设计,对 DUCHA-DMAC 协议进行了模拟。在 Linux 操作系统下采用 NS2^[12] 仿真软件进行仿真。仿真中,假定物理信道无误差并且传播延时为零,包的大小为 1 000 字节,包到达节点服从参数为 λ 的泊松分布。以网络的吞吐量来评估协议的性能。假设如下场景:60 个节点随机分布在 1 500×1 500 m² 的范围内,在这里对 IEEE802. 11 (全向天线), DMAC (四单元定向天线) 和 DUCHA-DMAC (四单元定向天线) 协议进行仿真,在每个方向上的覆盖范围为 250 m。先进行 8 组节点静止情形下的实验,每组实验取一种随机的拓扑结构,所得结果取平均值。在随机的拓扑结构下 DUCHA-DMAC 协议的平均吞吐量如图 5 所示。

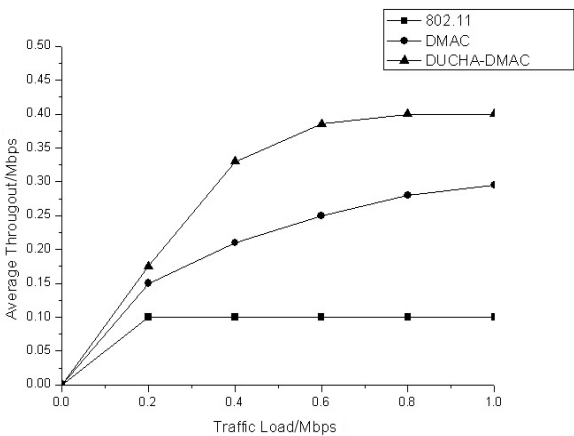


图5 在随机的拓扑结构下 DUCHA-DMAC 协议的平均吞吐量

从图 5 可以看出,在 DUCHA-DMAC 协议下吞吐量明显大于 IEEE 802. 11 协议和 DMAC 协议。

对节点在 2 m/s^[13-14] 移动的情况下进行实验,场景与上述静止情形相同,并把仿真结果与静止情形进行比较,从图 6 可以看出,在移动的情况下吞吐量比静止的情形下稍微有所下降,但总体来说网络性能表现还是很好的。

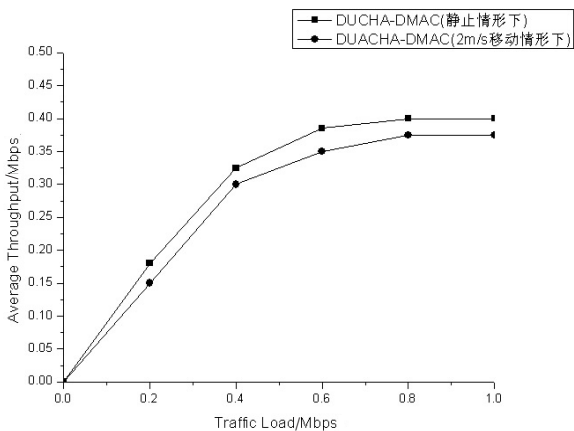


图6 DUCHA-DMAC 协议在 2 m/s 移动的情形下的平均吞吐量

4 结束语

文中研究并且分析了现有的 Ad Hoc DMAC 协议的特点和缺陷,提出一种基于定向天线的双信道 MAC 协议——DUCHA-DMAC, ORTS/OCTS 消息在控制信道上发送, DDATA/DACK 在数据信道上发送。DUCHA-DMAC 协议可以克服由定向传输所导致的“听不见”问题,并且提高了信道的复用率。模拟仿真测试表明, DUCHA-DMAC 协议的平均吞吐量高于 DMAC 协议和 IEEE802. 11 协议的平均吞吐量。

参考文献:

- [1] Tse D, Viswanath P. Fundamentals of wireless communication [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005.
- [2] 单志龙, 兰 丽. Ad hoc 网络中基于定向天线的 MAC 协议 [J]. 计算机工程, 2010, 36(2): 21-24.
- [3] 许雪梅. 解决隐终端和暴露终端问题的几种方法 [J]. 无线电通信技术, 2004, 30(5): 32-33.
- [4] 王文波. IEEE802. 11DCF 协作 MAC 接入机制研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2009.
- [5] 李瑞芳, 李仁发. Ad Hoc 网络信道接入退避算法研究 [J]. 科学技术与工程, 2006, 6(15): 2358-2363.
- [6] 刘罗仁. 定向天线在 Ad Hoc 网络中的设计与应用 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19(6): 1469-1471.
- [7] 双 兵, 陈佳品, 李振波. 无线 Ad Hoc 网络中的相对 GPS 定位方法 [J]. 计算机工程, 2010, 36(6): 18-20.

(下转第 191 页)

```
/* 发送头部,包括 Device_Type, Cmd, Data_length 三个字
段 */
if( write_exact( zigbee, buf_head, 3) == 3)
{
    fprintf( fp, " write buf head success\n" );
}
/* 写串口,发送数据 Data 字段 */
if( write_exact( zigbee, data_after_encoding, sd_length) == sd
_length)
{
    fprintf( fp, " write %d data after encoding success\n", sd_
length);
    fflush( fp);
}
free( buf_head ); free( buf_body ); free( data_after_encoding );
}
```

4 实验结论

1) 利用 Atmel 官方提供的烧写软件 SAM-BA-v2.10 将制作好的 bootstrap, 嵌入式 Linux 操作系统和 ubifs 类型的文件系统分别烧写至 norflash 与 nand-flash。通过 minicom 串口工具查看上电启动后的终端信息, 输入 PS 命令查看当前运行的进程, 系统启动之后先运行 Shell 程序, 之后是字符编码转换程序, 最后运行/my_bin/DingJi_1 烟草定级业务处理程序。

2) 模拟烟叶定级过程: 从键盘输入烟叶等级信息, 然后发送给烟叶收购中心节点。查看发送日志文件: 未经编码的原始数据 (raw data) 为: 1a, 25, b, 1a, 1a。编码之后的数据为: 16, 92, 55, 6, d1, 69, 16, 90。发送过程和发送日志的创建已由上面代码贴出。

实验表明, 该设计满足项目需求, 可以支持烟叶定级系统与中心节点之间数据的可靠传输。

参考文献:

[1] Lee Jin-Shyan, Su Yuwei, Shen Chung-Chou. A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi[C]//Proceedings of the 33rd annual conference of the IEEE industrial electronics society. Taipei: IEEE, 2007:46-51.

[2] Baker N. ZigBee and Bluetooth strengths and weaknesses for industrial applications[J]. Journal of Computing & Control Engineering, 2005, 16(2):20-25.

[3] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)[S]. New York:IEEE Press, 2003.

[4] 潘永平, 黄道平, 孙宗海. 欠驱动船舶航迹 Backstepping 自适应模糊控制[J]. 控制理论与应用, 2011, 28(7):907-914.

[5] 陈学松, 杨宜民. 基于执行器一评价器学习的自适应 PID 控制[J]. 控制理论与应用, 2011, 28(8):1187-1192.

[6] 莫巨华, 黄敏, 王兴伟. 基于模糊控制的拉式策略在装配生产控制中的应用[J]. 自动化学报, 2011, 37(1):118-123.

[7] 陈在平. 现场总线及工业控制网络技术[M]. 北京:电子工业出版社, 2008.

[8] 洪春跃, 金姝, 金建祥, 等. CAN 总线设备在 DCS 中的应用[J]. 自动化仪表, 2010, 31(11):41-43.

[9] 黄文君, 谢东凯, 卢山, 等. 一种高可用性的冗余工业实时以太网设计[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(3):704-708.

[10] Baronti P, Pillai P, Chook V W C, et al. Wireless sensor networks: a survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards[J]. Computer Communications, 2007, 30(7):1655-1695.

[11] 鲍卫兵, 陈伟杰, 朱向军. 基于 ZigBee 的无线抄表系统的设计与实现[J]. 工业仪表与自动化装置, 2013(2):34-37.

[12] 姚文俊, 裴焕斗. 基于 AT91SAM9263 的嵌入式系统启动过程分析[J]. 电子世界, 2011(10):11-13.

[13] 张晓林, 崔迎帅. 嵌入式系统设计与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2006.

[14] 闫胜利. Altium Designer 实用宝典-原理图与 PCB 设计[M]. 北京:电子工业出版社, 2007.

(上接第 187 页)

[8] 王从书, 王炳和. 一种基于顺序定向 RTS 发射的 Ad Hoc MAC 协议[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(27):115-118.

[9] Korakis T, Jakllari G, Tassiuals L. A MAC protocol for full exploitation of directional antennas in ad-hoc wireless networks[C]//Proc of MobiHoc. New York, NY, USA: ACM, 2003:98-107.

[10] Ramanathan R, Redi J, Santivanez C, et al. Ad hoc networking with directional antennas: a complete system solution[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2005, 23(3):496-506.

[11] 王杉, 张旭东, 魏急波, 等. 定向天线在 Ad Hoc 网络中的设计与应用[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(21):99-102.

[12] 张登银, 沈邵帅. Ad Hoc 网络路由协议仿真分析[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(8):23-26.

[13] 赵寰, 全厚德. 低速 Ad Hoc 网络多信道接入协议设计[J]. 计算机工程, 2010, 36(18):91-94.

[14] Yi S, Pei Y, Kalyanaraman S. On the capacity improvement of ad hoc wireless networks using directional antennas[C]//Proc of MobiHoc. New York, NY, USA: ACM, 2003:108-116.

作者: 秦军, 薛伟, [QIN Jun](#), [XUE Wei](#)
作者单位: 秦军, [QIN Jun](#)(南京邮电大学 教育科学与技术学院, 江苏 南京, 210003), 薛伟, [XUE Wei](#)(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京, 210003)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014(7)

参考文献(14条)

1. [Tse D;Viswanath P](#) [Fundamentals of wireless communication](#) 2005
2. [单志龙;兰丽](#) [Ad hoc网络中基于定向天线的MAC协议](#) 2010(02)
3. [许雪梅](#) [解决隐终端和暴露终端问题的几种方法](#) 2004(05)
4. [王文波](#) [IEEE802. 11DCF协作MAC接入机制研究](#) 2009
5. [李瑞芳;李仁发](#) [Ad Hoc网络信道接入退避算法研究](#) 2006(15)
6. [刘罗仁](#) [定向天线在Ad Hoc网络中的设计与应用](#) 2011(06)
7. [双兵;陈佳品;李振波](#) [无线 Ad Hoc网络中的相对GPS定位方法](#) 2010(06)
8. [王从书;王炳和](#) [一种基于顺序定向RTS发射的Ad Hoc MAC协议](#) 2009(27)
9. [Korakis T;Jakllari G;Tassiuals L](#) [A MAC protocol for full exploitation of directional antennas in ad-hoc wireless net-works](#) 2003
10. [Ramanathan R;Redi J;Santivaney C](#) [Ad hoc networ-king with directional antennas:a complete system solution](#) 2005(03)
11. [王杉;张旭东;魏急波](#) [定向天线在Ad Hoc网络中的设计与应用](#) 2006(21)
12. [张登银;沈邵帅](#) [Ad Hoc网络路由协议仿真分析](#) 2009(08)
13. [赵寰;全厚德](#) [低速Ad Hoc网络多信道接入协议设计](#) 2010(18)
14. [Yi S;Pei Y;Kalyanaraman S](#) [On the capacity improvement of ad hoc wireless networks using directional antennas](#) 2003

引用本文格式: 秦军. 薛伟. [QIN Jun](#). [XUE Wei](#) [基于双信道定向天线的Ad Hoc MAC协议的研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2014(7)