

一种新的以太网冲突仲裁算法¹

喻 莉 石冰心 朱光喜

(华中理工大学电子与信息工程系 武汉 430074)

摘 要 以太网技术以其算法简单、成熟、成本低、低载性能良好等优点成为当前应用最为广泛、最有前途的一种网络技术。然而标准以太网中冲突退避仲裁算法所具有的“捕获效应”带来的延迟抖动,使得它无法从容面对日益发展壮大的多媒体应用。如何解决延迟抖动问题已成为一个新的研究课题。它的解决将使千兆以太网的地位更上一层楼。该文提出一种新的自适应仲裁算法 ABEB,旨在解决捕获效应,提高以太网应用于多媒体业务时的性能。

关键词 以太网, CSMA/CD, 冲突退避, 自适应算法

中图分类号 TN919.3

1 引 言

随着网络应用的普及以及多媒体应用的不断发展,传统的共享带宽的以太网已无法满足网上各站点对带宽的要求,于是出现了交换式以太网、快速以太网以及千兆位以太网技术,并形成了 IEEE802.3, IEEE802.3u, IEEE802.3z 等一系列标准。然而不论是哪一种技术,采用的都是 1 坚持^[1]的 CSMA/CD 协议。在 CSMA/CD 协议中,检测到冲突,并发完阻塞信号后,为降低再次冲突的概率,需要等待一个随机时间,然后再用 CSMA/CD 算法发送。为了决定这个随机时间,就需要一个冲突退避仲裁算法。

2 标准以太网冲突仲裁算法的捕获效应

在 IEEE802.3 协议标准中采用的是截断二进制指数退避算法 (Truncated Binary Exponential Backoff, 简称 TBEB)。下面,用 T_B 表示退避时间, $attempts$ 表示尝试次数, $MaxAttempt$ 表示最大冲突次数 16, $MaxBackoff$ 表示最大退避指数 10, 则 $T_B = 2^{\min(attempts, MaxBackoff)} slot$ 。

在 TBEB 算法下,刚刚成功发送的站点,又到达新的分组的话,如果它与其它欲发送的分组相冲突,它获得信道的概率比原来已退避的分组获得信道的概率大,这样就可能使个别站点长时间地占有信道的发送权(最多 15 次)。这种现象我们称之为“捕获效应”。“捕获效应”是造成“延迟抖动”的一个根本原因。捕获效应使得某些发生了多次冲突的分组,延迟较长时间才能成功发送,而一些没有遇到冲突(即首次发送)或冲突次数少的分组反而“后来先服务”,因此,从客观讲,以太网系统的成功发送存在随机性,分组延迟变化很大,这就造成“延迟抖动”。

为了克服 TBEB 的捕获效应,改善以太网性能,人们开始研究新的仲裁算法。Molle^[2]的一种二进制对数仲裁算法 BLAM(Binary Logarithmic Arbitration Method),抑制了捕获效应,解决了公平性问题,降低了中、高负载时的延迟,改善了标准以太网中高负载时的性能。遗憾的是需要对现有的以太网卡的硬件进行修改。

3 自适应的冲突仲裁算法

本文基于基本的 TBEB 算法,提出一种新的自适应的冲突仲裁算法 ABEB (Adaptive Binary Exponential Backoff)。目的在于消除捕获效应,并尽可能对原有硬件改变小^[3]。

¹ 1999-12-10 收到, 2000-04-07 定稿

国家“九五”重点科技攻关资助项目(96-743-01-04-02);高等学校骨干教师资助计划

ABEB 算法对 TBEB 的改进主要在于两点:

(1) 帧间间隙的改进。当 $attempts=0$ 时, 一旦检测到冲突, 所有后序帧的发送帧间间隙加倍。

(2) 退避参数上限值的改进。该算法中上限值不是固定的, 可根据站点数的多少或负载状况自适应地调整退避上限值。

下面分别就这两点改进加以详细论述。

3.1 帧间间隙加倍

TBEB 算法的捕获效应是由于单个站点, 尤其是没有发生过冲突的站点, 赢得信道后长时间占用, 使得其它站点无法获得传输机会造成的。ABEB 算法就在 $attempts=0$ 时加以限制, 即一旦某传输站检测到一个冲突, 且 $attempts=0$ 时, 就将它发送后续帧的帧间间隙修改为标准间隙的 2 倍, 因此刚刚获得了发送机会的信道, 它在尝试发送后续帧之前, 必须延迟 2 倍帧间间隙时间, 直到检测到其它的站点获得了传输机会, 或者第二次监测到冲突。这样修改后, 如果多个站点要发送, 单个站点不可能连续发送多个帧, 因此消除了捕获效应。

但是如果某个站点仅发生过一次冲突, 将帧间间隙加一倍后, 在很长一段时期内都没有再检测到冲突, 或者因为冲突站放弃了传输或已成功传输了一帧, 无论哪一种情况都不存在捕获现象, 这时还将帧间间隙加倍就有些浪费了, 因此设置一定时器, 定为 1024 时隙, 如果超过时间仍未检测到冲突, 帧间间隙恢复正常。

3.2 自适应的退避参数上限

TBEB 算法中, 退避参数上限缺省为 10, 且固定不变, 而本文提出的 ABEB 算法自适应地调整退避上限值。

用变量 $ABackoff$ 表示尝试次数上限, 自适应调整规则如下:

(1) 若上一次传输的尝试次数大于当前的上限值 $ABackoff$, 则将退避上限 $ABackoff$ 增加到 $\min\{\text{MaxBackoff}, 2 \times ABackoff\}$;

(2) 若上一次传输的尝试次数小于当前的上限值 $ABackoff$, 则将退避上限 $ABackoff$ 减少到 $\min\{\text{MaxBackoff}/2, ABackoff-1\}$ 。

这种自适应设置退避参数上限的方法, 可避免在轻负载或者小规模以太网中, 退避时间过长, 而在重负载或大规模的以太网中, 仍可保持最大上限值 MaxBackoff 。

上面两点改进都可以在系统软件, 即驱动程序中实现, 不必对网卡硬件进行改造, 对于现在已经广泛使用的以太网来说, 这一点是非常重要的。

4 仿真与性能分析

现实的以太网卡中无 BLAM 或 ABEB 算法, 不可能真正做实验, 为了评价和对比算法的性能, 本文采用仿真分析方法。

4.1 仿真模型

仿真模型如图 1 所示。

(1) 用 N 个有限队长的队列来模拟以太网 N 个站点的网卡, 每个队列都有一个信源发生器产生数据帧输入, 并在相应队列中排队, 当数据帧到达时队列满则丢弃;

(2) 以太网总线看作一个带仲裁机构的单服务器, 冲突仲裁算法就在这里实现。当不同队列的队首元素同时要求访问总线时, 就产生了冲突, 仲裁机构用不同的算法实现仲裁, 发生了冲突的队首元素延迟相应的退避时间后再开始下一轮的竞争。尝试次数大于 MaxAttempt 的帧就被丢弃;

(3) 主要考察延迟抖动问题, 因此重点观察帧到达队首后的媒体访问延迟时间, 而不考察分组延迟, 因为分组延迟包括在队列中的排队延迟, 并将各站点间的传播延迟视为 0。

(4) 文献 [4] 中提到对于小规模以太网的测试和大规模以太网的测试, 它们在吞吐量、延迟性能方面趋势是相同的。仿真中取 $N = 5 \sim 100$ 。

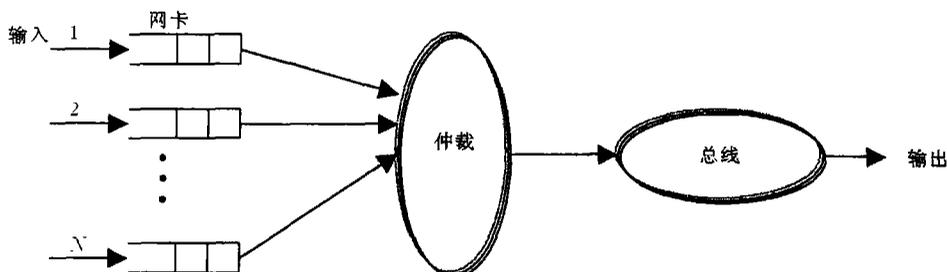


图 1 以太网单服务器排队模型

4.2 仿真实验及结果分析

分别对以太网 (10Mbps)、快速以太网 (100Mbps) 在小规模 ($N=10$) 和中等规模 ($N=100$) 的操作进行了仿真对比。并选择吞吐量、媒体访问延迟、访问延迟方差、端端延迟作为性能评价指标。仿真结果见图 2~ 图 4。BLAM 中 $\text{MaxBackoff}=8$, $\text{MaxAttempts}=20$; ABEB 中 $\text{MaxBackoff}=8$, $\text{MaxAttempts}=32$ 。

4.2.1 10Mbps 以太网仿真实验 取固定帧长 $L=500\text{bytes}$, 队列长度 $B = 5 \times 10^4\text{bytes}$, N 分别取 10, 100, 到达率逐渐加大, 测量从低到高到超负载下的吞吐量、延迟性能。见图 2(a)~2(f)。

小规模以太网 (取 $N=10$), BLAM 在中、高负载的吞吐量最高, ABEB 的吞吐量中负载时与 BLAM 相当, 在高负载时介于两者之间。虽然在很高的负载下, ABEB 和 BLAM 的平均延迟高于标准算法 TBEB, 但其延迟方差始终明显低于 TBEB, 说明新算法明显抑制了“延迟抖动”问题。

随着网络规模的扩大 (取 $N=100$), 性能仍保持与小规模类似的趋势, 且 ABEB 的平均延迟优于 BLAM 和 TBEB 算法, 在低、中负载时, 延迟方差亦有明显优势, 只是在极高负载时, 延迟方差高于 BLAM, 与 TBEB 接近, 但该区域对以太网本身已不能正常工作, 另外, 高负载时吞吐量优势稍减少, 也与标准算法接近。

4.2.2 100Mbps 快速以太网实验 快速以太网一般用于连接对速率要求高的高性能工作站, 规模一般不大, 所以取 $N=5$, $L=500\text{bytes}$, $B = 5 \times 10^4\text{bytes}$ 。延迟性能见图 3(a), 3(b)。

中、高负载下, BLAM 性能最好, ABEB 的吞吐量介于 BLAM 与 TBEB 之间, 延迟和延迟方差均低于 TBEB, 延迟抖动小。在较宽的工作范围内, ABEB 明显优于标准算法 TBEB。

4.2.3 语音数据流实验 数据帧仍保持帧长 $L=500\text{bytes}$, 队列长度 $B = 5 \times 10^4\text{bytes}$; 语音数据是每隔 8ms 产生一个 64bytes 的帧, 即对应于 64kbps 的 CBR 语音数据流。仿真数据共 1×10^4 帧。

语音业务是延迟敏感型的多媒体业务, 一般要求端到端的延迟不超过 20ms ^[5], 它允许传输过程存在丢失, 但丢失率过大, 同样也会影响质量, 一般要求丢失率应小于 2%。所以延迟与丢失率是一对需要相互协调折衷的性能指标。

这里的实验考察端到端的分组延迟, 如果端端延迟大于 20ms 则将它丢弃, 以保证较好的语音质量。图 4 为 4 个数据站点采用 TBEB, 一个语音站点采用 ABEB 与 5 个站点均采用 TBEB 的对比, 结果显示语音站点采用 ABEB 算法性能明显优于纯粹使用 TBEB 算法。

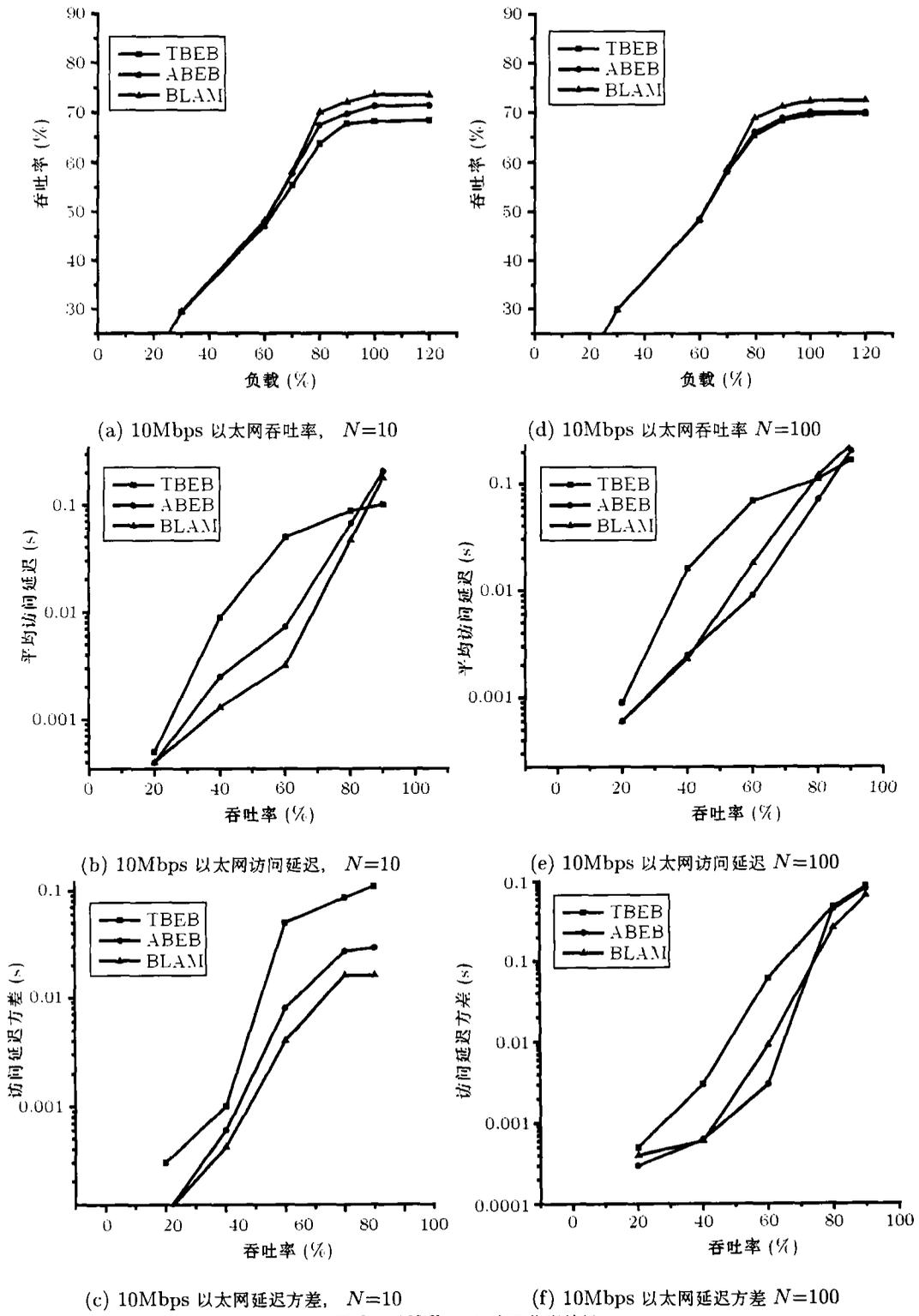
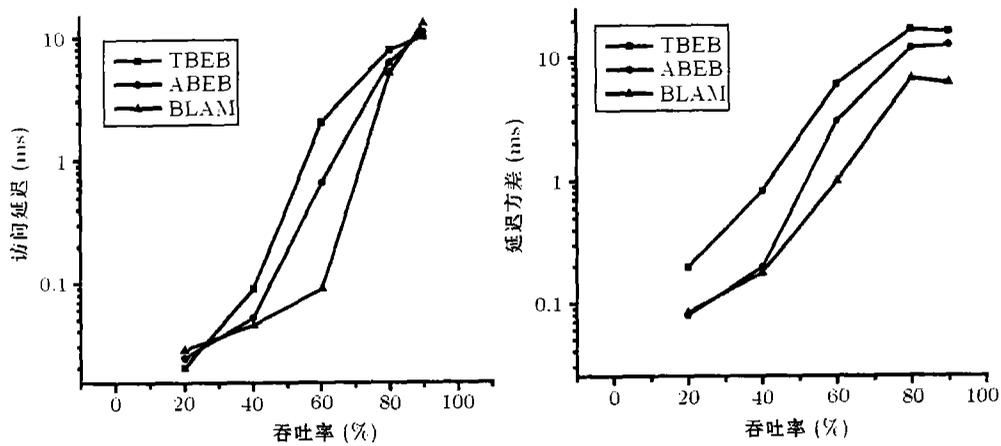


图 2 10Mbps 以太网仿真结果



(a) 100Mbps 以太网访问延迟, $N=5$ (b) 100Mbps 以太网延迟方差 $N=5$
图 3 100Mbps 以太网仿真结果

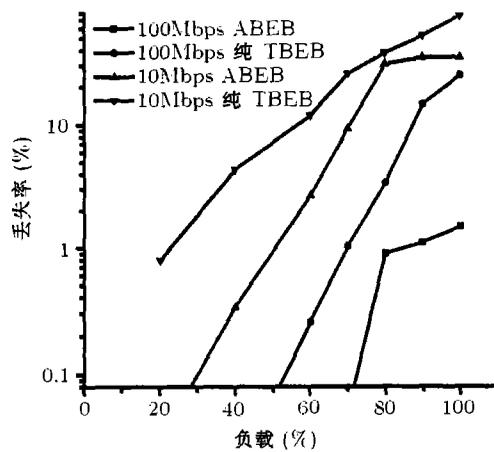


图 4 语音业务丢失率仿真结果

5 结 论

IEEE802.3 标准中采用的 TBEB 算法存在捕获效应, 使系统延迟抖动大, 不适于用在延迟要求严格的多媒体业务上. 本文提出一种改进算法 ABEB, 消除了捕获效应, 降低了延迟和延迟方差. 仿真结果表明, BLAM 算法虽然延迟方差小, 但它需要做网卡硬件上的改动; ABEB 算法的性能介于 BLAM 与 TBEB 之间, 延迟方差小, 其最大的好处在于简单、不必更改硬件. 该算法可适应多媒体应用需求, 这将对千兆以太网起到极大的推进作用. 同时对无线局域网的碰撞检测也有参考价值.

参 考 文 献

[1] A. S. Tanenbaum, Computer Networks: 3rd Edition, Prentice Hall, 1996, 250-287.
[2] M. L. Molle, A new binary logarithmic arbitration method in ethernet, Technical Report CSRI-298, Computer System Research Institute, University of Toronto, 1994.

- [3] 喻 莉, 现代通信网络性能分析建模与仿真研究: [博士论文], 武汉, 华中理工大学, 1999. 4.
- [4] D. Boggs, J. Mogul, C. Kent, Measured capacity of an ethernet, Proc. of ACM SIGCOMM'88, AUG. 1988, 221-234.
- [5] G. Gonsalves, F. Tobagi, Comparative performance of voice in local area networks, IEEE J. on SAC. 1989, 7(5), 657-669.

A NEW ALGORITHM FOR ETHERNET COLLISION ARBITRATION

Yu Li Shi Bingxin Zhu Guangxi

(Electron. and Info. Eng. Dept., Huazhong Univ. of Sci. and Tech., Wuhan 430074, China)

Abstract Ethernet becomes a very popular technology because of its simple, mature, low cost, and good performance. But its capture effect will cause large delay jitter. How to solve this problem has become a new project. In this paper, a new adaptive arbitration algorithm is presented, in order to handle the capture effect and to improve the ethernet performance.

Key words Ethernet, CSMA/CD, Collision arbitration, Adaptive algorithm

喻 莉: 女, 1970 年生, 博士, 讲师, 主要研究兴趣为网络性能分析, 网络安全, 多媒体通信等领域。
石冰心: 男, 1936 年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为数据通信, 计算机网络。
朱光喜: 男, 1945 年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为多媒体技术, 信息网络。

中国电子学会电路与系统学会 第十六届年会 (CSCAS'2001) 会议简讯

中国第十六届电路与系统学术年会 (CSCAS'2001) 于 2001 年 5 月 27-29 日在宁波大学和浙江万里学院举行。来自全国 13 个省、市、自治区以及解放军所属的高等院校及科研机构的学者, 共 129 人出席了会议。会议由中国科学院电子学研究所柴振明研究员、宁波大学吴训威教授主持。

在本届年会上, 我国著名的半导体科学家中科院院士王守觉研究员作了“神经网络的研究新进展”的特邀报告, 浙江大学姚庆栋教授在会上作了“系统集成芯片”的特邀报告, 我国著名的遥感科学家中科院院士薛永祺研究员也委托宣读了“遥感技术与图像处理”的特邀报告。此外, 杭州天科技术实业有限公司黄华圣总经理作了“电子技术与产品开发”的特邀报告。作为国内著名的教学仪器开发、生产企业, 该公司(天焯教仪)还在会议上专门为来自全国高校的与会代表展示了电子、电工、高频-信号-系统-控制、通讯、电机、电力电子控制、可编程控制器、物理、计算机开发、测量仪表、交直流电源等十四大系列的教学仪器。

本届会议的论文集共收录了 53 所大专院校和研究所送交的 135 篇论文, 内容涉及模拟电路与信号处理、数字信号处理、非线性电路与系统、VLSI 系统设计、神经网络与系统、图形与图像处理以及混合技术系统等领域, 反映了近二年来我国电路与系统领域科技工作的新进展。本届会议还举办了评选优秀论文的活动。

本届年会在征求各方面意见的基础上于 28 日成立了《集成电路系统设计专业委员会》, 协商推举章倩蓉教授为主任委员, 刘国治教授、韦岗教授为副主任委员, 推举出第一届委员共 14 人。该委员会的宗旨为: 为该学科领域的人才聚集、学术交流方面起到推动作用, 加强学术界和产业界的联系和了解, 并为政府主管部门提出合理建议。

在学会工作委员会会议上议论了下届学术年会以及今年年底学会改选的工作。会上还讨论了几个专业委员会联合活动的问题, 并准备创建学会的网页。

本届年会得到承办单位宁波大学和浙江万里学院各级领导的大力支持, 全体代表高度评价该届会议的筹备与组织工作及所取得的各项成果。本届会议的组织单位为宁波大学信息科学与工程学院, 指导单位为中国科学院电子学研究所。