

时隙 ALOHA 二进制指数回退算法

方飞^{1,2*}, 毛玉明¹

(1. 电子科技大学 通信与信息工程学院, 成都 611731; 2. 内江师范学院 工程技术学院, 四川 内江 641110)

(* 通信作者电子邮箱 fangfei_nj@sina.com)

摘要:时隙 ALOHA 由于简单而被广泛应用于无线通信中, 但时隙 ALOHA 本质上是不稳定的, 各种控制算法被应用以保证系统的稳定吞吐量。在建立二进制指数回退(BEB)算法的马尔可夫模型基础上, 分析了系统的稳定性调节过程。数值计算和仿真测试表明二进制指数回退算法能够保证系统的稳定性, 且当节点数在一定范围内时能获得时隙 ALOHA 的理论极限吞吐量。比较了二进制指数回退算法与伪贝叶斯算法在平均吞吐量的性能差异, 结果表明, BEB 算法受窗口值的影响, 当用户数较大(大于 128)或较小(小于 32)时, 吞吐量均较伪贝叶斯算法低。

关键词:时隙 ALOHA; 伪贝叶斯算法; 吞吐量; 稳定性; 马尔可夫模型

中图分类号: TP393.1 **文献标志码:** A

Binary exponential backoff algorithm for slotted ALOHA

FANG Fei^{1,2*}, MAO Yuming¹

(1. School of Communication and Information Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu Sichuan 611731, China;
2. Engineering and Technology College, Neijiang Normal University, Neijiang Sichuan 641110, China)

Abstract: Slot-ALOHA is widely used in wireless communications due to its simplicity. However, because slot-ALOHA is not stable in essence, many algorithms have been used to provide steady throughput. After founding the Markov model for Binary Exponent Backoff (BEB) algorithm, this paper analyzed the adjusting progress. The numerical computation and simulation results demonstrate that BEB algorithm can guarantee the system steady and the theoretic throughput can be derived when the number of nodes is within certain range. By comparing throughput of BEB to that of Pseudo-Bayesian Control Algorithm (PBCA), it can derive that the throughput of BEB is less than PBCA when the number of users is either too big or small because of being influenced by the backoff window size.

Key words: slotted ALOHA; Pseudo-Bayesian Control Algorithm (PBCA); throughput; stability; Markov model

0 引言

在通信网络中, 当多个用户共享通信介质时就需要通过竞争方式接入信道。ALOHA 及时隙 ALOHA^[1-2]作为一种通用的介质访问控制(Media Access Control, MAC)协议广泛应用于多个用户节点竞争同一个媒质的环境。现今, 时隙 ALOHA 协议已被广泛应用于全球移动通信系统的随机接入信道(Random Access Channel, RACH)中。另外, 由于时隙 ALOHA 协议操作简单, 在超宽带无线网络的实验网络开发和基于无线认知技术的动态频谱共享网络的实验网络开发中均得到了应用。然而, 时隙 ALOHA 本质上是不稳定的, 当输入数据到达率 λ 从 0 开始逐渐增加时, 信道吞吐量随着数据流的增加而增大, 当 λ 达到某一门限值, 吞吐量也到达最大值。若输入负载流量 λ 继续上升, 冲突将随之加大, 重复发生的碰撞将浪费系统的部分带宽, 从而使系统吞吐量随着输入负载流量的增加而快速下降, 系统进入不稳定的状态。

为解决时隙 ALOHA 的不稳定性, 文献[3]提出了在不同总体负载情况下使用不同的重传概率 P_r 的方式来获得系统的稳定性。Sarker 等在文献[4-6]中研究了在控制新包生成率、允许系统存在一定拒绝率及传输信道存在错误概率等多种环境下, 有限次重传控制机制对系统稳定性的影响, 研究并获得了系统的稳定范围。文献[7-8]依据系统的连续状态和节点间协作分析了系统性能, 并将博弈理论引入到信道竞争中, 并以此研究了时隙 ALOHA 系统的信道利用率和吞吐

量。文献[9]在结合物理信道特性并考虑到信号检测上存在的误差, 分析该类信道上时隙 ALOHA 的吞吐量及稳定性问题。Pietrabissa 等^[10]分析了标准和带缓存的时隙 ALOHA 的稳定性, 并使用凸优化方式提出了一种冲突分解算法, 以使系统获得稳定的最大吞吐量。Rivest^[11]提出的伪贝叶斯算法(Pseudo-Bayesian Control Algorithm, PBCA)和 Ivanovich 等^[11]提出 p 坚持控制算法都是通过对实际通信节点的准确估计, 并调整各节点的数据发送概率来达到调整系统稳定性的目的。现有关于时隙 ALOHA 算法的研究主要集中在系统的稳定范围方面, 而系统稳定性调节算法方面的研究, 除了动态调整重传概率方法和伪贝叶斯算法外的研究成果相对较少。二进制指数回退(Binary Exponential Backoff, BEB)算法作为一种稳定性控制算法已经广泛应用在有线以太网络的载波监听多路访问/冲突检测机制(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect, CSMA/CD)协议及 802.11 分布式协调功能(Distributed Coordination Function, DCF)的载波侦听多路访问/冲突避免(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA)协议中^[11], 而 BEB 算法在时隙 ALOHA 协议中的应用并未引起研究者的广泛关注。

本文结合 Cali 等^[12]在 DCF 中对 BEB 算法的研究, 建立了时隙 ALOHA 协议的原理模型及马尔可夫模型, 通过对模型的求解得出该算法的系统吞吐量; 然后通过仿真测试了 BEB 算法在不同窗口设定值、重传次数参数设置环境下, 系统节点数变化后系统的吞吐量及系统的调节过程; 并通过与伪

收稿日期: 2012-12-03; 修回日期: 2012-12-29。 基金项目: 国家科技重大专项(2010ZX03005-001, 2010ZX03005-003)。

作者简介: 方飞(1974-), 男, 四川南江人, 副教授, 博士研究生, CCF 会员, 主要研究方向: 动态频谱共享网络、宽带无线网络; 毛玉明(1956-), 男, 四川德阳人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 宽带通信网、无线通信网。

贝叶斯算法在平均吞吐量的比较分析了造成 BEB 算法性能差异的原因。

在本文中,若无特殊说明,吞吐量为归一化吞吐量,定义为一段时间内信道成功完成数据传输的时间所占的比例,也是一个时隙内成功传输数据的概率。

1 时隙 ALOHA 的 BEB 算法模型

在本文的研究中,系统采用一种通用的时隙 ALOHA 协议,在时隙系统中,所有传输的数据包具有相同的长度,并且每个包均需要一个时间单位(时隙)用以传输。系统由 n 个节点(node)组成(注:本文涉及到的节点为活动用户节点,即始终有数据需要进行传输的节点称为活动的,而非活动节点不在系统的考虑范围之内),所有节点共享一个信道,信道访问采用时隙 ALOHA 协议进行竞争,并满足以下假设:1)各节点在未进行数据传输时能感知信道是否空闲,并通过捎带应答 ACK(ACKnowledgment)方式在传输结束时立即获得信息成功传输还是冲突;2)各节点传输数据包发生冲突后,将重传数据包,且当阻塞数据包传输结束后才能传输新的数据包;3)每个节点数据分组的长度小于一个时隙能够传输的最大数据长度,即时隙为数据包传输的基本单位;4)无线传输信道是理想的,数据包发生错误是由于信道冲突引起的。

时隙 ALOHA 的工作原理如图 1 所示。当用户节点有数据到达后,选择在下一个时隙开始传输,若两个或以上节点在同一时隙传输数据包,信道将发生冲突,发生冲突的节点启用二进制指数回退算法重传发生冲突的数据包。各节点在回退算法定义的竞争窗口(Contention Window, CW)参数 W_i 确定的 $[0, W_i - 1]$ 范围内按均匀分布的方式随机选择一个退避等待时间值(整数),并将这个值赋值给退避计数器(Backoff Counter, BC),完成退避计数器的初始化。与 DCF 采取 BEB 算法不同的是,使用 DCF 系统中的节点监测到信道空闲持续时间超过 DIFS 后,每个空闲时隙(aSlotTime)后回退计数器减 1,而在时隙 ALOHA 中,每一个时隙回退计数器均减 1。

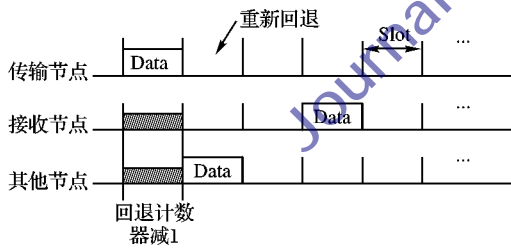


图 1 时隙 ALOHA 工作原理图

为保证公平性和简化操作,所有节点在数据包重传或成功传输后的连续传输之前,都必须进行回退,等待一个随机回退时间。为研究方便,采用一个离散的整数对时间进行标注,设 t 和 $t + 1$ 代表两个连续时隙的起始时刻,用 $b(t)$ 表示一个给定节点的回退计数器(BC)的值,则 $b(t) \in (0, W_i - 1)$ 。因此,每个节点的回退数值 $b(t)$ 依赖于其传输历史及历经的时隙数。所有新包传输的节点,窗口值初始化为称为最小回退窗口值(CW_{min}),定义 $W = CW_{min}$ 。定义 CW_{max} 为最大回退窗口值(假设 $CW_{max} = 2^L W$),设 m 为最大回退阶数,每发生一次重传,若节点的窗口值 W_i 未达到最大回退窗口值 CW_{max} ,则将当前窗口值扩大为原先的 2 倍,用 W_i 表示某一节点处于回退阶 i 的回退窗口值,则

$$W_i = \begin{cases} 2^i W, & 0 \leq i \leq L \\ CW_{max}, & L < i \leq m \end{cases} \quad (1)$$

再设随机过程 $s(t) \in (0, 1, \dots, m)$ 表示给定节点在时刻

t 的回退阶数。另外假设节点在 $s(t) = i (i \in (0, m))$ 发生冲突的概率为相互独立参数 p_i ,即一个节点在回退阶 i 进行数据传输时可能发生冲突的概率。依据独立性假设,可以用二维离散马尔可夫模型 $\{s(t), b(t)\}$ 来描述节点的回退过程^[12],如图 2 所示。其一步转移概率为

$$\begin{cases} P\{i, k | i, k + 1\} = 1, & k \in (0, W_i - 2), i \in (0, m) \\ P\{0, k | i, 0\} = (1 - p_i) / W_0, & k \in (0, W_0 - 1), i \in (0, m) \\ P\{i, k | i - 1, 0\} = p_{i-1} / W_i, & k \in (0, W_i - 1), i \in (1, m) \\ P\{m, k | m, 0\} = p_m / W_m, & k \in (0, W_i - 1) \end{cases} \quad (2)$$

其中: $P\{i', k' | i, k\} = P\{S(t + 1) = i', b(t + 1) = k' | S(t) = i, b(t) = k\}$ 。

在式(2)中,第一行表示在每一个时隙开始,节点回退计数器减 1。第二行表示在完成一个成功传输后,节点有新包需要传输并进入到回退阶 0,并按均匀分布的方式在 $[0, W_0 - 1]$ 随机选择一个回退值;第三行表示处于回退阶 $i - 1$ 的节点发送数据后发生了冲突,并进入回退阶 i 的概率;第四行表示回退阶到达 m 后保持在该回退阶段的过程。

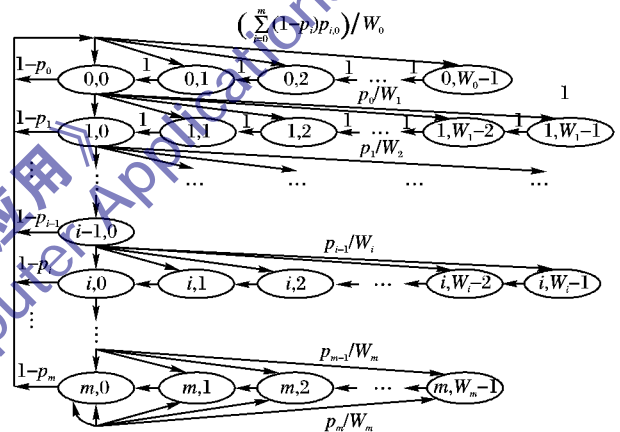


图 2 时隙 ALOHA 马尔可夫模型

设 $Q(i, k) = \lim_{t \rightarrow \infty} P\{s(t) = i, b(t) = k\} (i \in (0, m), k \in [0, W_i - 1])$ 为马尔可夫链的稳定分布,则

$$\begin{aligned} Q(i - 1, 0)p_{i-1} &= Q(i, 0) \Rightarrow \\ Q(i, 0) &= Q(0, 0) \prod_{j=0}^{i-1} p_j; \quad 0 < i < m \\ Q(m, 0) &= Q(m, 0)p_m + Q(m - 1, 0)p_{m-1} \Rightarrow \\ Q(m, 0) &= \frac{Q(m - 1, 0)p_{m-1}}{1 - p_m} = \frac{Q(0, 0) \prod_{j=0}^{i-1} p_j}{1 - p_m} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} Q(i, k) &= \frac{W_i - k}{W_i} \cdot \\ &\begin{cases} \sum_{j=0}^m (1 - p_j) Q(j, 0), & i = 0 \\ p_{i-1} Q(i - 1, 0), & 0 < i < m \\ p_{m-1} Q(m - 1, 0) + p_m Q(m, 0), & i = m \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

节点数 n 较大,系统处于稳定状态时各个回退阶段的冲突概率可以假定为是一个相互独立的常量 P ,即: $p_0 = p_i = \dots = p_m = P$ 。式(3)及式(4)分别简化为:

$$\begin{cases} Q(i, 0) = Q(0, 0) P^i; \quad 0 < i < m \\ Q(m, 0) = \frac{Q(m - 1, 0) P}{1 - P} = \frac{Q(0, 0) P^m}{1 - P} \end{cases} \quad (5)$$

$$Q(i, k) = \frac{W_i - k}{W_i} \cdot$$

$$\begin{cases} (1-P) \sum_{j=0}^m Q(j,0), & i=0 \\ PQ(i-1,0), & 0 < i < m \\ P(Q(m-1,0) + Q(m,0)), & i=m \end{cases} \quad (6)$$

依据式(2)的定义,容易得

$$\sum_{i=0}^m Q(i,0) = \sum_{i=0}^{m-1} Q(0,0)P^i + Q(m,0) = \frac{Q(0,0)}{1-P} \quad (7)$$

对于稳定系统,所有状态的概率应该满足

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^{W_i-1} Q(i,j) &= \sum_{i=0}^m Q(i,0) \sum_{k=0}^{W_i-1} \frac{W_i-k}{W_i} = \\ \sum_{i=0}^m Q(i,0) \frac{W_i+1}{2} &= \frac{Q(0,0)}{2} \left[W \left(\sum_{i=0}^{m-1} (2P)^i + \right. \right. \\ \left. \left. \frac{(2P)^m}{1-P} \right) + \frac{1}{1-P} \right] &= 1 \end{aligned} \quad (8)$$

解得:

$$Q(0,0) = \frac{2(1-2P)(1-P)}{(1-2P)(W+1) + PW(1-(2P)^m)} \quad (9)$$

则一个给定节点在一个时隙传输的概率为

$$q = \sum_{i=0}^m Q(i,0) = \frac{Q(0,0)}{1-P} = \frac{2(1-2P)}{(1-2P)(W+1) + PW(1-(2P)^m)} \quad (10)$$

一般情况下, q 依赖于条件概率 P 。而 P 表示节点发生冲突的概率,表明一个节点在某一时刻传输数据,而其他 $n-1$ 个节点中至少有一个节点也进行了数据传输。因此:

$$P = 1 - (1-q)^{n-1} \quad (11)$$

联立式(10)和式(11)可以对 q 和 P 进行求解,但这是一个非线性方程组,一般情况下很难获得闭合解。将式(11)变换为 $q^*(P) = 1 - (1-P)^{V/(n-1)}$, 该函数在 $P \in (0,1)$ 范围是单调递增函数,且 $q^*(0) = 0, q^*(1) = 1$ 。而式(10)中 q 为 P 的函数,用 $q(P)$ 表示,在 $P \in (0,1)$ 内为单调递减函数,且 $q(0) = 2/(W+1), q(1) = 2/(1+2^m W)$ 。由于 $q(0) > q^*(0), q(1) < q^*(1), q(P)$ 与 $q^*(P)$ 在 $P \in (0,1)$ 必有交点存在,所以式(10)和(11)有联立解存在。式(10)得出传输概率 q 由冲突概率、最小窗口设置和重传次数确定,式(11)的 q 由冲突概率和节点数决定。使用 Matlab 对 $W = 32$, 最大重传次数为 7, 节点数分别为 5, 10, 20, 冲突概率 P 从 0 至 1 变化过程中,得到 $q(P)$ 和 $q^*(P)$ 的运算结果如图 3。

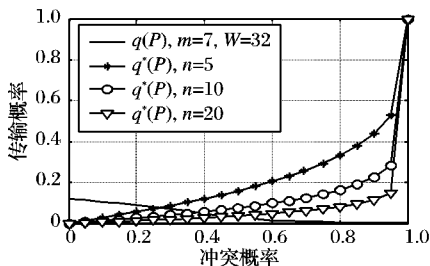


图 3 $q(P)$ 和 $q^*(P)$ 的运算结果

从图 3 可以看出,式(10)和式(11)的联立解存在。

2 BEB 算法的吞吐量性能分析

2.1 BEB 算法的稳定吞吐量

由于时隙 ALOHA 的数据传输发生在一个时隙的开始时刻,数据包成功传输、信道空闲及冲突的时间均是以时隙为单位。由前面分析可知,节点在一个时隙发送数据的概率 q 是

依赖于节点数 n 和最大重传次数 m 的值,则 n 个节点系统数据包成功传输、信道空闲及冲突的概率分别为:

$$\begin{cases} P_{\text{succ}} = P\{\text{只有 1 个终端传输数据}\} = nq(1-q)^{n-1} \\ P_{\text{idle}} = P\{n \text{ 个节点中没有数据传输}\} = (1-q)^n \\ P_{\text{coll}} = P\{\text{有 2 个以上节点传输数据}\} = 1 - P_{\text{succ}} - P_{\text{idle}} \end{cases} \quad (12)$$

在时隙 ALOHA 系统的 BEB 算法中,系统无需检测到空闲时隙才进行回退,而是每经过一个时隙回退计数 BC 就减 1。用 S 表示系统的吞吐量,依据系统吞吐量的定义, S 表示如下:

$$S = \frac{P_{\text{succ}}}{P_{\text{succ}} + P_{\text{idle}} + P_{\text{coll}}} = \frac{P_{\text{succ}}}{n\tau(1-\tau)^{n-1}} \quad (13)$$

对式(12)右端求导并令其等于 0,可得 $q = 1/n$ 时系统获得最大值吞吐量 $S_{\text{max}} = (1-1/n)^{n-1} \approx e^{-1} = 0.368$,该结果与使用回退节点数的马尔可夫模型获得的结论一致。

为测试 BEB 算法的在时隙 ALOHA 系统中性能,在 Matlab 平台下对该算法进行仿真,仿真参数设置如下:回退窗口的最小值 $CW_{\text{min}} = 32$,最大回退窗口 $CW_{\text{max}} = 1024$,最大回退阶数为 7,节点数从 2 到 100 变化,仿真时间为 10^6 个时隙,得到系统的平均吞吐量(在各种节点情况下,对 10^6 个时隙内总的成功发送数据包数除以总时隙数)如图 3 所示。

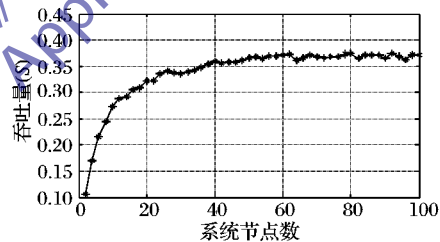


图 4 BEB 算法吞吐量仿真图

从图 4 可以看出:当系统节点数小于 64 时,系统的吞吐量小于最大理论值 0.368;当系统节点较大(大于 64)时,BEB 算法能获得接近理论极限的最大吞吐量。为检测是否是由于重传次数的影响,对该环境下使用不同的重传次数进行仿真,将最大重传次数分别设置为 7 和 10,其他条件保持不变,得出的仿真结果如图 5 所示。图 5 仿真结果表明最大重传次数对性能的影响很小。

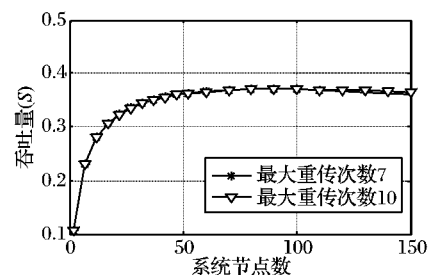


图 5 不同重传次数情况下系统的吞吐量

2.2 BEB 算法与伪贝叶斯算法的比较

伪贝叶斯算法(PBCA)的基本原理是将系统中所有需传输数据的节点(包括新包生成节点和重传节点)统一看作是重传节点,其为一个总体输入为 G 的泊松流,依据文献[12],系统根据当前时隙的状态进行下一时隙发送概率的调整。算法实现步骤如下:

- 1) 选择一个时隙作为起始时隙 0,系统节点数设置假定为 N_0 ,系统中的节点以概率 $q = 1/N_0$ 发送数据。
- 2) 在时隙 v ,每个节点以概率 $q(N_v) = \min\{1, 1/N_v\}$ 发

送数据分组。

3) 下一时隙的需发送数据组的节点数用下式进行估计:

$$N_{v+1} = \begin{cases} \max(\lambda, N_v + \lambda - 1), & \text{信道空闲或成功传输} \\ N_v + \lambda + (e - 2)^{-1}, & \text{信道冲突} \end{cases} \quad (14)$$

4) 下一时隙各节点以 $1/N_{v+1}$ 的概率发送请求分组。

为了解 BEB 的性能,将该算法与时隙 ALOHA 的伪贝叶斯控制经典算法性能进行比较。BEB 算法的仿真参数设置如下:回退窗口的最小值 $CW_{min} = 32$,最大回退窗口 $CW_{max} = 1024$,最大回退阶数为 7,节点数从 2 到 150 变化,每种情况的仿真时间为 10^6 时隙。为保证结果的可比性,伪贝叶斯算法初始节点估计值设计成同 BEB 算法中的 W (即 CW_{min})一致,即 $N_0 = 32$ 。图 6 的仿真结果显示:当节点数小于 60 时,BEB 性能低于 PBCA 性能,在节点数为 60~128 时,二者性能基本一致;但当节点数超过 130 后,BEB 算法性能开始下降。为分析 BEB 算法与 PBCA 在传输节点数目估计上的差异,将 BEB 在整个仿真过程中每个时隙的所有节点回退值求和后除以总时隙数,从而得到平均回退值,并将该值与 PBCA 的节点估计平均值 \bar{N}_v (仿真过程中每个时隙的估计节点总和除以总的仿真时间)进行比较,得到的结果如图 7 所示。图 7 结果表明,PBCA 的平均回退值近似等于实际节点数,而 BEB 算法的回退节点数明显高于节点的实际值。

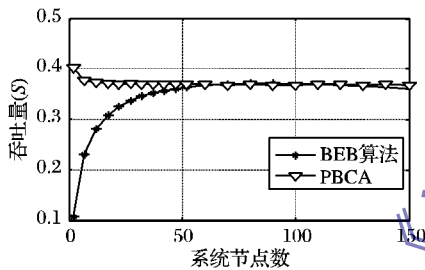


图 6 BEB 和 PBCA 的吞吐量比较 ($CW_{min} = 32, CW_{max} = 1024$)

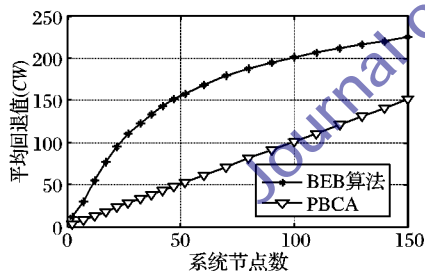


图 7 BEB 和 PBCA 的平均回退值比较 ($CW_{min} = 32, CW_{max} = 1024$)

为了改善 BEB 算法在节点数较小情况下的性能,将 (CW_{min}, CW_{max}) 调整为 $(16, 512)$,PBCA 的节点初始值设置为 16,节点数从 2 到 150 个,每种情况的仿真时间为 10^6 时隙,得到平均吞吐量结果如图 8 所示,平均回退值如图 9 所示。

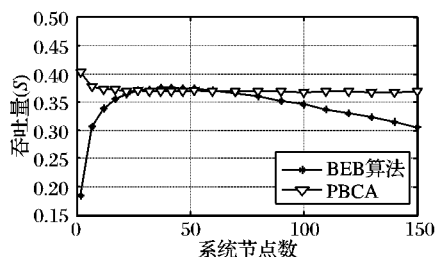


图 8 BEB 和 PBCA 的吞吐量比较 ($CW_{min} = 16, CW_{max} = 512$)

图 8 结果表明减小 BEB 算法的最小回退窗口值 CW_{min} 一方面可以提高小节点数目情况下系统的吞吐量,但另一方面

却降低了节点数较多情况下的吞吐量。图 9 表明当减小最小窗口值时,平均回退值在节点数较大情况下低于实际节点数。

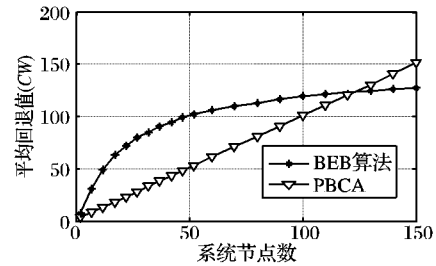


图 9 BEB 和 PBCA 的平均回退值比 ($CW_{min} = 16, CW_{max} = 512$)

2.3 BEB 算法调整过程分析

为进一步分析 BEB 算法的调节性能,分别对 $CW_{min} = 32, CW_{max} = 1024$ 和 $CW_{min} = 16, CW_{max} = 1024$ 两种窗口值环境下,节点数 N 分别为 5, 20, 50, 100, 200 五种值时 BEB 控制算法的调整过程进行仿真,得到仿真结果如图 10 所示。

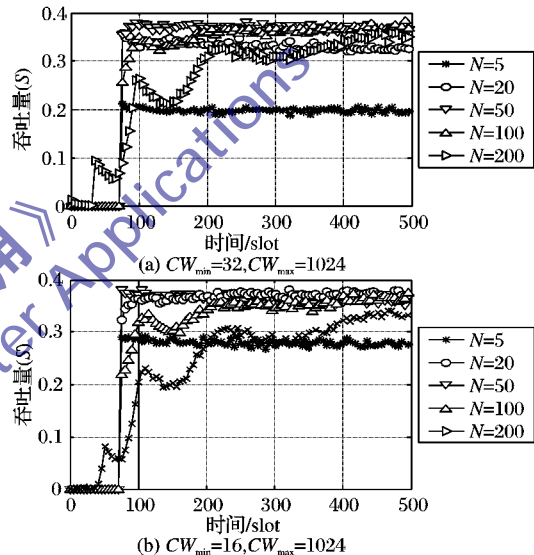


图 10 CW_{min} 对 BEB 算法性能的影响

从图 10 的仿真结果看,在起始阶段系统各种情况下的吞吐量都接近于 0,经过一段时间的调整后系统吞吐量趋于一个恒定值。窗口最小值设置越小,能明显提高小节点数系统的吞吐量,但同时会降低节点数较多情况下的系统吞吐量。从图 10 还可以看出,当系统中所有节点都被初始化为同一个最小值 W ($W = CW_{min}$),在前 64 个时隙,系统的吞吐量几乎为 0。设 X_i 表示节点在回退阶 i 按均匀分布在 $(0, W_i - 1)$ 选择一个整数值的随机变量,则节点在回退阶 i 平均回退计数器 BC 的均值 $E(X_i) = (W_i - 1)/2$ 。在初始化阶段,所有节点的窗口值 W_i 设置为同一值 W 。若 $W = 32$,节点发生数据传输平均需要等待 16 个时隙。另外,由于各节点回退窗相同,也必将产生大量的冲突,从而造成系统吞吐量在调整阶段较低的问题。经过一定时间的调整后系统吞吐量基本趋于稳定。仿真结果也表明,系统稳定后将节点发生冲突的概率看作是一个独立的常量是正确的。

所有的仿真结果表明,当系统节点数较少时,如果按传统的二进制回退算法对最小回退窗口值的设置($W = 32$),系统的吞吐量小于系统最大稳定吞吐量。由式(12)的可知,系统中节点的发送概率 $q = 1/n$ (其中 n 为系统节点数),系统获得最大稳定吞吐量 0.368。但依据式(10),在使用 BEB 控制算法时 $q \in (\frac{2}{W+1}, \frac{2}{1+2^m W})$,要保证系统能够获得最大吞吐量,

就必须保证 $\frac{1}{n} \in \left(\frac{2}{W}, \frac{2}{1+2^m W}\right)$, 即 $n \in \left(\frac{W}{2}, \frac{1+2^m W}{2}\right)$, 当 n 较小时 (W 即 CW_{\min}) 也必须减小, 且满足 $W < 2n$ 。假若节点数为 2, 为保证系统能获得最大系统吞吐量, W 的取值应该小于 4。另一方面, 当节点数较大时, 又必须保证 $n < (1+2^m W)/2$, 当系统节点数为 200 时, $CW_{\max} = 2^m W \geq 2 \times 200 - 1 \approx 400$, 即 CW_{\max} 必须大于 400, 由于 BEB 算法是按 2 的指数次方增长的, 因此 W 和 CW_{\max} 尽可能取 2 的幂次方。但是当 CW_{\max} 增大时, 必然会增大系统的调节时间。另外, 当一个节点传输成功后, 其回退窗口值将设置为最小值 W , 增大该节点数据传输的概率, 造成了系统公平性下降。

3 结语

通过数值分析和仿真测试表明在时隙 ALOHA 协议中应用二进制指数回退 (BEB) 算法可以保证系统的稳定性。当最小窗口值 CW_{\min} 偏大时, 若节点数较小, 则系统吞吐量明显低于理论最大极限值 0.368; 若减小 CW_{\min} 值, 若节点数较大, 系统吞吐量明显又低于理论最大极限值 0.368。同伪贝叶斯算法相比, 当节点数目过大或过小时, BEB 算法性能明显降低。在实际应用中应该考虑使用一种动态调整 CW_{\min} 的机制来保证系统在各种节点情况均能获得最大稳定吞吐量。

参考文献:

- [1] RIVEST R L. Network control by Bayesian broadcast [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1987, 33(3): 323-328.
- [2] RICHARD T B M, VISHAL M, DAN R. An analysis of generalized slotted-Aloha protocols [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2009, 17(3): 936-949.
- [3] CLARE L P. Control procedures for slotted Aloha systems that achieve stability [J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 1986, 16(3): 302-309.
- [4] SARKER J H, MOUFTAH H T. A retransmission cut-off random access protocol with multi-packet reception capability for wireless networks [C]// SENSORCOMM'09: Proceedings of the 2009 Third International Conference on Sensor Technologies and Applications.

(上接第 1193 页)

5 结语

本文设计并实现了一个异构传感网融合系统 ISHSN, 实验证明 ISHSN 能够有效融合传感网异构格式数据并且有效控制异构传感网传感器部件, 系统具有良好的可扩展性和可用性。由于本文提出 AA 调度算法基于线性方法实现, 在预测精度上还能有所改进, 因此下阶段主要工作集中在算法改进。

参考文献:

- [1] 宁焕生, 徐群玉. 全国物联网发展及中国物联网建设若干思考 [J]. 电子学报, 2010, 38(11): 2590-2599.
- [2] 钱志鸿, 王义君. 物联网技术与应用研究 [J]. 电子学报, 2012, 40(5): 1023-1029.
- [3] HURLBURT G F, VOAS J, MILLER K W. The Internet of things: a reality check [J]. IT Professional, 2012, 14(03): 56-59.
- [4] 陈庆奎, 范雄男. Crossbow 平台上的 PMCS 机制实现 [J]. 计算机工程, 2011, 37(18): 225-227.
- [5] 丁治明, 高需. 面向物联网海量传感器采样数据管理的数据库集群系统框架 [J]. 计算机学报, 2012, 35(6): 1175-1191.
- [6] WANG Z L, YANG Y, WANG L, et al. A SOA based IOT communication middleware [C]// 2011 International Conference on Mecha-

tronics, Electric Engineering and Computer. Piscataway: IEEE, 2011: 2555-2558.

- [5] SARKER J H. Stability of random access protocol with newly generated packet rejection and retransmission cut-off [C]// WTS'06: Proceedings of the 2006 Wireless Telecommunications Symposium. Piscataway: IEEE, 2006: 1-7.
- [6] SARKER J H. Stable and unstable operating regions of slotted ALOHA with number of retransmission attempts and number of power levels [J]. IEEE Proceedings Communications, 2006, 153(3): 355-364.
- [7] PARK J, van der SCHAAR M. Medium access control protocols with memory [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2010, 18(6): 1921-1934.
- [8] HU YINGBO, YANG WEIWEI. Throughput analysis of slotted ALOHA with cooperative transmission using successive interference cancellation [J]. Science in China Series F: Information Sciences, 2009, 52(12): 2354-2359.
- [9] WANG S-H, HONG Y-W P. Transmission control with imperfect CSI information in channel-aware slotted ALOHA networks [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2009, 8(10): 5214-5224.
- [10] PIETRABISSA A, FIASCHETTI A. An innovative optimal approach to slotted-Aloha random access protocol [C] // Advanced Satellite Multimedia Systems Conference and the 11th Signal Processing for Space Communications Workshop. Piscataway: IEEE, 2010: 462-468.
- [11] IVANOVICH M, ZUKERMAN M, CAMERON F. A study of deadlock models for a multiservice medium access protocol employing a slotted Aloha signalling channel [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2000, 8(6): 800-811.
- [12] CALI F, CONTI M, GREGORI E. Dynamic tuning of the IEEE 802.11 protocol to achieve a theoretical throughput limit [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2000, 8(6): 785-799.
- [13] 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.
- [7] TAN L, WANG N. Future Internet: the Internet of things [C]// The 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering. Piscataway: IEEE, 2010, 5: 376-380.
- [8] XU X L, ZUO Y B, WU G X. Design of intelligent Internet of things for equipment maintenance [C]// The Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation. Piscataway: IEEE, 2011: 509-511.
- [9] VORA M N. Hadoop-HBase for large-scale data [C]// 2011 International Conference on Computer Science and Network Technology. Piscataway: IEEE, 2011: 601-605.
- [10] VORA M N. Hadoop-HBase for large-scale data [C]// 2011 International Conference on Computer Science and Network Technology. Piscataway: IEEE, 2011, 1: 601-605.
- [11] TONG R X, ZHU X F. A load balancing strategy based on the combination of static and dynamic [C]// The 2nd International Workshop on Database Technology and Applications. Piscataway: IEEE, 2010: 1-4.
- [12] FANG Y Q, WANG L Z. An algorithm of static load balance based on topology for MPLS traffic engineering [C]// WASE 2009: International Conference on Information Engineering. Piscataway: IEEE, 2009: 26-28.