

# 时隙ALOHA 协议仿真

潘鹏飞

(陕西理工学院物理与电信学院电子1103班, 陕西 汉中 723000)

指导教师: 吴燕

**摘要** : 时隙ALOHA 是应用于无线通信系统中的一种协议, 时隙ALOHA 使用了各种控制算法以保证系统的稳定性, 在比较三种常用网络仿真模型的基础上, 分析了时隙ALOHA 仿真结果及应用于通信系统中的性能优点。给出了MATLAB 仿真平台下实现时隙ALOHA 控制算法的流程图, 编写了MATLAB 代码对时隙ALOHA 的伪贝叶拉制算法性能进行协议性能测试及仿真结果表示。

**关键字**: 时隙: ALOHA: 仿真: MATLAB

原创力文档

x.book118.com

**Simulation of slotted ALOHA protocol**载高清无水印

**PanPengfei**

“(Grade11,Class03,Major Electronic Information Engineering,Institute of physics and Telecommunications Dept.,Shaanxi University of Technology Hanzhong 723000,Shaanxi)”。

**Tutor:WuYan**

**Abstract:** Slotted ALOHA is used in a wireless communication system,slot ALOHA use various control algorithm to ensure the system stability,in the comparison of three kinds of commonly used network simulation model based on,analyzes the slotted ALOHA simulation results and application in communication system performance advantages.Gives the MATLAB simulation platform to achieve slotted ALOHA control algorithm flow chart.Write the matlab code for the time slot ALOHA pseudo Bei leaf control algorithm performance protocol performance testing and simulation results.

**Key words:**Slot;ALOHA;Simulation;MATLAB

1 引言 .....	4
2 多地址接入协议发展状况 .....	4
2.1 多地址接入协议概述 .....	5
2.2 多址接入协议分类 .....	5
2.2.1 非竞争多址接入协议 .....	7
2.2.2 竞争多址接入协议 .....	7
2.3 多址接入协议仿真模型 .....	7
2.3.1 仿真系统模型 .....	7
2.3.2 业务源模型 .....	10
2.3.3 协议评价指标 .....	10
3 ALOHA协议的基本原理 .....	10
3.1 时隙ALOHA的基本原理 .....	12
3.2 时隙ALOHA的程序流程图 .....	13
3.3 时隙ALOHA系统模型 .....	13
3.3.1 时隙ALOHA马尔科夫链系统模型 .....	14
3.3.2 离散时间系统模型 .....	14
3.3.3 蒙特卡罗法 .....	15
4 MATLAB仿真软件的介绍 .....	15
4.1 时隙ALOHA协议在MATLAB中的实现 .....	16
4.1.1 随机数的生成 .....	16
4.1.2 信道状态的判断 .....	16
4.1.3 为贝叶斯调整算法实现 .....	16
4.2时隙ALOHA协议仿真结果分析 .....	17
结论 .....	19
参考文献 .....	20
附录A: .....	22
附录B: .....	33

## 1 引言

随着无线通信的不断普及，无线移动环境中的多址接入协议正在引起人们更多地关注。在此条件下，更应当关注协议的稳定性和鲁棒性。在无线移动环境中，多址接入协议面临如下四点挑战：隐终端问题，即两个或多个终端由于高山、建筑物等的遮挡而不在彼此的通信范围内，但却在同一基站的通信范围内；远近效应问题，远端的用户要比近端的用户信号有更大的衰落；无线信道中的多径效应和阴影衰落问题；由于相邻小区共用同一频率而导致的共道干扰问题。

对于一种协议来说，同时处理好上述问题是比较困难的，甚至是相互冲突的，因此，只能在设计时进行折中处理，折中的程度取决于使用环境，以及特定的需求。设计开发新的协议或对已有协议进行改进，都需要对其性能进行测试和评价。测试的方法一般有两种：一种是在实际网络环境中进行测试，即实验；另一种是在计算机仿真环境下测试。在实际环境下测试能够得到相对真实的数据，但由于现代通信与信息系统往往规模很大，系统很复杂，构造高度相似的物理模型经济成本和社会成本都很高，因而进行对大规模的测试几乎是不可能的，而且其测试结果也往往难于重现。目前，计算机仿真的方法在通信网络技术的研究中得到了广泛的应用，因为其具有很好的可控制性、可重现性、可扩展性。利用比较成熟的计算机仿真软件，可以近乎真实地模拟网络环境，可以在各个层次上模拟网络的运行效果。因此，在仿真软件的帮助下，我们可以很好的模拟各种接入控制协议，并分析其性能。在此基础上，针对发现的问题提出理论改进，然后在仿真平台上实现改进理论，并通过性能比较分析来验证改进效果。这种低成本、高效率的计算机仿真的方式势必成为研究接入控制技术的首选。

ALOHA作为一种通用的MAC协议广泛应用于多个用户终端竞争同一个媒质的情况。现今，GSM系统，卫星通信，无线局域网的试验网络及基于无线认知网络的试验网络中均采用时隙ALOHA协议作为媒体接入控制协议以实现信道共享接入方式。但时隙ALOHA本质上是不稳定的，当输入流从0开始增加时，信道吞吐量随着负载流的增加而增加，当输入流到达某一门限值时，系统吞吐量到达最大值。当输入的载荷超过信道容量后，随输入流量的增加冲突也随之增加，重复发生的碰撞将浪费部分系统的宽带，从而使系统吞吐量随着生成载荷流的增加而迅速下降。为解决时隙ALOHA的稳定性问题，各种控制算法被提出。为对算法性能进行评估，将所有这些算法应用到实际系统中进行测试是不现实的，必须通过软件仿真方式对算法性能进行评估和测试。

网络仿真技术是一种通过建立网络设备和网络链路的统计模型，并模拟网络流量的传输，从而获取网络设计或优化所需要的网络性能数据的仿真技术。由于仿真不是基于数学计算，而是基于统计模型，因此统计复用的随机性被精确地再现。网络仿真技术具有以下特点：（1）全新的模拟实验机理使其具有在高度复杂的网络环境下得到高可信度结果的特点；（2）网络仿真的预测功能任何其他方法都无法比拟的；（3）适用范围广，既可以用于现有的网络的优化和扩容，也可以用于新网络的设计，而且特别适用于中大型网络的设计和优化；（4）初期应用成本不高，而且建好的网络模型可以延续使用，后期投资还会不断下降。现今对MAC协议算法的仿真主要使用OPNET和NS-2来完成，但NS-2安装调试非常麻烦，而OPNET是一种商业软件，价格昂贵，而MATLAB是一种被广泛应用与通信领域的仿真及数学工具，而且其作图功能强大易于调试跟踪。通过MATLAB的离散时间仿真原理实现对时隙ALOHA的仿真，并通过仿真程序实现对伪贝叶算法控制算法性能进行测试。

## 2 多地址接入协议发展状况

多址接入技术通常是指网络中多个节点(或用户终端)共享通信信道资源实现连接访问的技术。随着网络通信业务的迅速增长,网络结构日益复杂,所能使用的通信资源也越来越紧缺。因此,共享通信资源方式被广泛采用。为了实现网络互连,不同的用户节点只能通过公用信道

相互联系。当通信资源提供给多个用户共同使用时，需要使用多址接入协议进行调度和协调。

多址接入技术也被称为媒体接入技术或信道接入技术，这是因为接入或访问网络的过程实际上表现为占用网络中的传输信道的过程。多址接入技术是网络技术的一部分，它的实现方法将直接影响到网络的吞吐量、时延特点、业务能力、用户支持数量、资源利用效率等多方面的性能，其研究基础是信息的数字传输和处理，其目标则是在网络中提高通信资源的使用效率。具体的多址接入技术通常用相应的协议来描述。从通信系统的体系结构来看，多址接入协议主要是数据链路层需要研究的问题，多址协议的优劣对各种通信业务的支持，以及物理信道的使用效率都有重要的影响。现在多址接入协议已经成为局域网、卫星通信网、无线通信网中应用最广泛、最重要的协议之一。

随着网络通信业务的迅速增长，网络结构加速复杂化，所能使用的通信资源也越来越紧缺和昂贵。为满足节点用户之间的通信需要，共享通信资源方式被广泛采用。当通信资源提供给多个用户共同使用时，需要多址接入协议进行调度和协调。

随机多址接入技术是一种采用竞争的接入方式，和固定分配多址接入的目的是一样的，都是如何最大限度的减少数据的冲突，提高系统吞吐量和信道的利用率。随机多址接入的主要思想是多个用户共用通信信道，他们随机占用信道发送数据，一旦发生碰撞，则等待一段时间后重发，直至发送成功或超时丢弃。本文多地址接入ALOHA 协议主要研究的纯ALOHA 协议、时隙ALOHA 协议、非坚持型CSMA 协议。

## 2.1 多地址接入协议概述

在多地址接入协议中，多个用户共享同一物理信道，例如，在蜂窝无线通信系统中，信道被所有入网的用户共享。对无线通信来说，一个重要的目标就是有效的利用信道资源，多址接入协议性能对此有很大影响。协议通常都是为了满足一定的目标而设计的。原创力义档

议都应该具有一下特点：

(1)能够使多个用户共享同一传输信道。为此，协议必须要求用户按照下 maxboek.com 定现部活11发8c出清印 求，协议控制分配给用户的信道容量。

(2)协议能够以高效的方式分配传输信道。效率通常以信道吞吐量和传输延迟来衡量。

(3)对每个用户来说，分配应该是公平的，即对不考虑具有优先权的用户来说，每个用户从平均意义上来说应该分配到相同的容量。

(4)协议在处理不同的业务(如语音和数据)时应该具有一定灵活性。

(5)协议应该是稳定的。这意味着当系统达到均衡时，一个新增的负荷应该使系统达到一个新的均衡点。对不稳定的协议来说，新增的负荷将迫使系统迁移到更高的负荷状态，并且降低吞吐量。

(6)协议应该具有鲁棒性 (Robust)。也就是说，当系统中出现设备故障或条件改变时，不会引起协议的崩溃。当用户操作不当时，对系统中其他用户的影响应当尽可能的少。

随着无线通信的不断普及，无线移动环境下的多址接入协议引起人们更多的关注。在此条件下，应当更关注协议的稳定性和鲁棒性。在无线移动环境中，多址接入协议面临如下挑战：

(1)隐终端问题。即两个或多个终端由于高山、高大的建筑物或其他物理遮挡而不再彼此的通信范围内，但却都在同一基站的通信范围内。

(2)远近效应问题。远端的用户要比近端的用户信号有更大的衰减。

(3)无线信道中的多径衰弱和阴影衰落效应。

(4) 由于相邻小区公用同一频率而导致的共道干扰问题。

对协议来说，同时处理好上述问题是比较困难的，甚至是相互冲突的。为此，只能在设计时进行折中处理。折中的程度取决于使用环境，以及特定的需求。

## 2.2 多址接入协议分类

自从1970年ALOHA 协议诞生以来，已经出现了大量的多址接入协议，对此协议进行分类

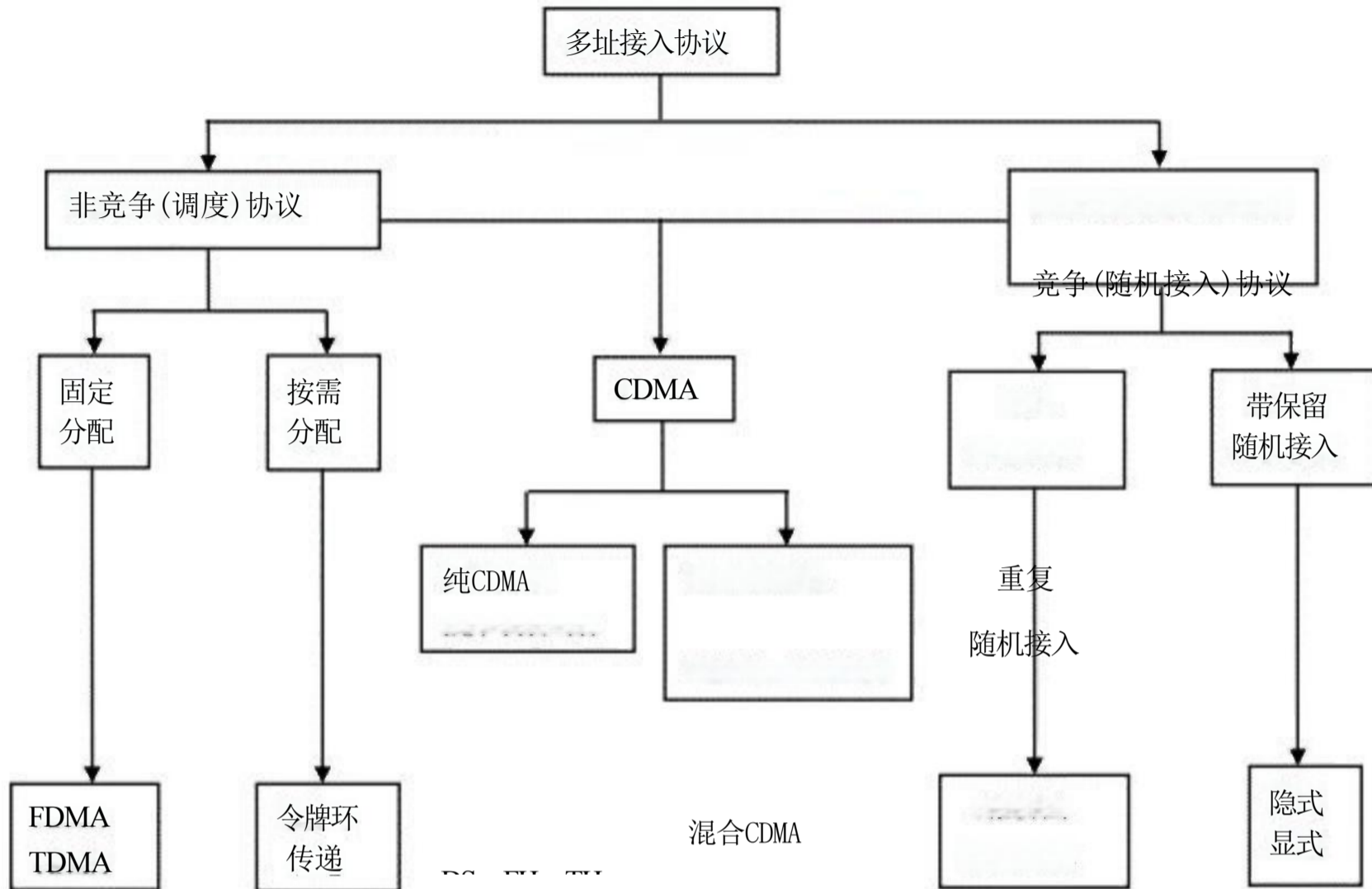


图2.2多址接入协议分类

非竞争(调度)协议通过调度要传输数据的用户来避免两个或两个以上用户同时接入信道。调度可分为固定分配方式和按需分配方式。在固定分配方式下，每个用户都会被分配给一定的传输容量，而按需分配则只有在用户有数据需要传输时才分配信道。

在竞争(随机接入)协议中，一个用户并不能保证传输的数据与其他的用户不发生碰撞，因为有可能有两个或两个以上的用户同时请求传输数据。当碰撞发生时，协议需要对它们进行处理。竞争协议可以进一步分为重复随机接入协议和带保留的随机接入协议。对带保留的随机接入协议来说，用户初始接入到信道时采用随机接入方式，而用户一旦接入到信道后，该用户的数据传输采用调度方式，直到该用户的数据传输完毕为止。带保留的随机接入又可分为隐式

保留和显式保留。显示保留协议在调度时使用短的保留数据包来请求传输，而隐式保留协议则不需要任何保留数据包。

CDMA 协议即不属于非竞争协议也不属于竞争协议。实际上，它属于多个用户可以无冲突的同时传输数据的非竞争协议。但是，当同时传输的用户数增加到一定值时，就会产生竞争。

CDMA 协议又可以分为纯ALOHA 协议和混合CDMA 协议。

### 2.2.1 非竞争多址接入协议

非竞争(调度)多址接入协议通过调度要传输的用户来避免多个用户同时尝试访问同一物理信道。用户按照调度的先后顺序一次传输数据,这样就确保了每次传输都会成功。调度可以分为两种类型:

(1)固定分配调度:采用这种方式的协议把信道容量在所有的用户之间进行平分,而不管用户是否要有数据传输。分配可以按照时间或频率来进行。在时分多址的情况下,传输时间分成多个帧,每个用户分配每帧中的固定时间片,并与其他用户分配的时间片之间互补重叠。频分多址则把信道带宽分成互补重叠的频带,每个用户分配给一个固定的频带。

(2)按需调度:只有当用户有数据要传输(激活)时才分配资源。激活的用户按调度的顺序依次进行传输。它又可以分为集中调度或分布式调度。集中调度方式是由一个单独的实体对传输进行调度。而分布式调度协议中,所有的用户都参与调度过程,如今牌环协议就是分布式的。

### 2.2.2 竞争多址接入协议

竞争(随机)多址接入协议不存在传输的调度。当用户有数据需要传输时,并不知道是否会同其他用户发生冲突。用户通过监听信道可能知道也可能不知道即将发生的传输,因为没有关于其他用户是否要传输数据的准确信息。当多个准备传输的用户同时开始传输时,所有的传输多半都会失败。

随机多地址接入协议可以分为两类:一类是重复随机多地址接入协议,如ALOHA协议,时隙ALOHA(slotted-ALOHA),载波监听ALOHA(CSMA),以及带有集中控制的ALOHA(ISMA)。另一类是带有保留的随机接入协议,如带保留的ALOHA(r-ALOHA),包保留的多址接入协议

(PRMA)等。对第1类协议来说,传输就如前面的叙述,每次传输时可能会发生冲突。而对第2类协议来说,用户只能在第1次传输时才无法避免与其他用户发生碰撞,但是当用户成功的完成了它的第1次传输(第1次成功的接入到信道)后,后面的传输将经过调度以有序的方式进行,部分信道资源将分配给该用户,其他用户禁止使用这部分信道资源,这样就不会与其他用户发生竞争。而如果该用户在一段时间内,没有传送数据,系统将收回分配给它的那部分信道资源。

ALOHA协议由于数据包之间的碰撞而导致的性能下降,CSMA协议能够提供较高的容量,但它应用与无线通信系统时,容易受到“隐终端”问题的影响。而ISMA协议通过中央基站控制移动终端的数据包传输,降低了数据包之间发生碰撞的概率,以及“隐终端”问题。

## 2.3 多址接入协议仿真模型

实际系统中的协议实现比较复杂,而目的是使用MATLAB来考察不同协议的性能,因此,需要建立相应的协议仿真模型。对不同协议来说,其基本结构相差不大,因此,可以建立一个统一的基本仿真模型,当仿真不同协议时,在基本模型的基础上进行相应的修改就可以。

### 2.3.1 仿真系统模型

仿真系统模型是数据包通信系统,该系统中包含一个接入点,以及多个终端。其关系如图2.3.1所示

在仿真系统模型中,终端具有相同的性能,带有缓冲区,数据包产生后,首先存储在缓冲区中,并按照先进先出(FIFO)的原则进行传输。缓冲区的容量可以是无限的,也可以是有限的。当缓冲区容量有限时,在数据包充满缓冲区后,新产生的数据包将会被丢掉。这种情况称为堵

塞，它与包传送失败是不同的。传送失败是指缓冲区中的数据包没有成功传送到接入点。另外，如果终端数是无限的，则称为无限呼叫源模型，而终端数有限的情况下则称为有限呼叫源模型。在理论分析中通常假设是有限呼叫源模型。

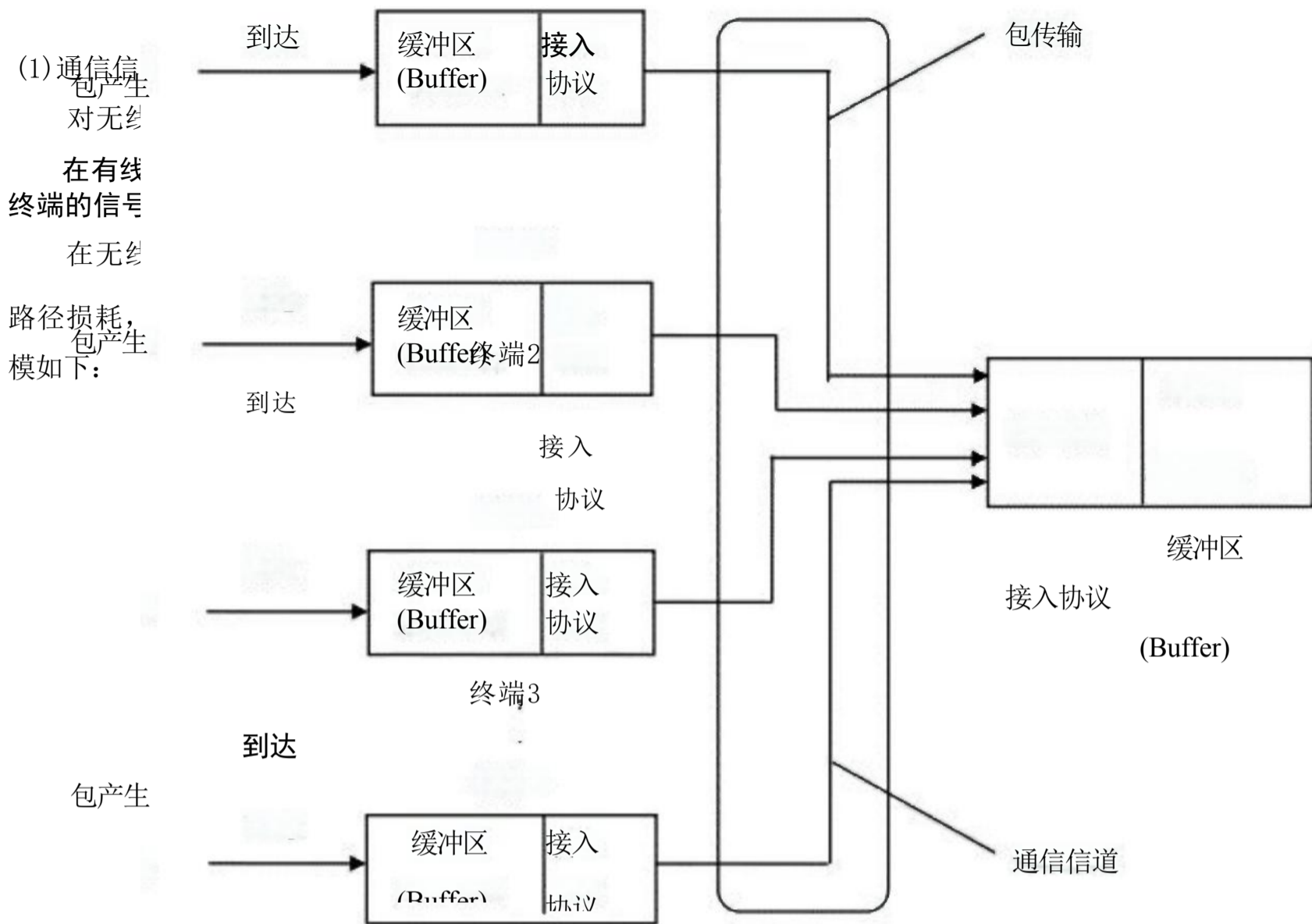


图2.3.1 数据包通信系统

路径损耗：接收到的信号功率随着接入点与终端之间的距离增加而单调下降，称为路径损耗。基于理论与实际测量的传播模型都表明，室外或室内无线信道中，平均接收功率（dBm）与发射机和接收机之间的距离的对数成反比，即

$$p_r(\text{dBm}) = p_t(\text{dBm}) - 10n \lg \left( \frac{d}{d_0} \right)$$

式中， $n$  为路径衰落指数，表明路径损耗随距离增长的速度，它的值一般在2至5之间； $d_0$  为近地参考距离，由测试决定； $d$  为发射天线与接收天线距离。

阴影衰落：信号在无线信道传播过程中遇到的障碍物会使信号发生随机变化，从而造成给定距离处接收信号功率的随机变化，反射体与散射体的变化也会造成接收信号功率的随机变化。

因此，需要建立一个模型来描述这些因素造成的信号随机衰减。最常用的模型是对数正太阴影模型，衰落的标准差一般在6至10dB之间。

## (2) 包产生

每个终端都假设相互独立的随机产生数据包，并且包产生过程服从Poisson 分布，即满足如下特点：

独立性：在互不交叠的时间间隔内产生数据包的个数是相互统计独立的。

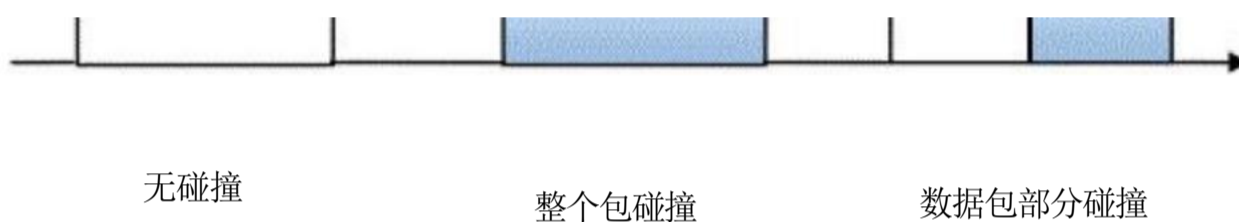
平稳性：在一段时间间隔内产生的数据包的个数仅与该段时间间隔有关而与该段时间间隔的起始时间无关。

稀疏性：在非常小的时间间隔内，产生两个及两个以上数据包的概率非常小，可以忽略。

而且，如果产生的数据包个数服从Poisson 分布，两个数据包之间的间隔服从负指数分布。

## (3) 碰撞

当几个数据包在信道时同时传输时，便会发生碰撞，如图1-3所示。



在有线和无线通信系统中，对发生碰撞的数据包分别作如下处理：

有线通信系统：所有碰撞的包都被丢弃，数据包作为发送失败处理，因为所有数据包的信号强弱都是一样的。如果没有发生碰撞，产生的数据包依次传送到目的地。

无线通信系统：接收到的数据包的功率依赖于终端的位置，以及信道条件。因此，即使个数据包发生碰撞，具有最大接收功率的数据包也可能被正确接收。一般把这种情况称为捕获效应。另外，即使没有发生碰撞，传输的包也可能发生错误，因为接入点接收到的

信号功率有可能小于解调所要求的最小功率，这在信道条件较差的情况下经常发生。

在实际的通信系统中，接入点决定终端发送的数据包是否成功，并将结果反馈给终端。在数据包传输发生错误的情况下，经过一段时间间隔后，将会被再次传送到接入点。

## (4) 产生的业务量

在本文中，单位时间内新产生的数据包和重传的数据包之和定义为产生的业务量，通过传输数据速率归一化的业务量记为 $G$ 。如果数据传输速率为 $R(\text{bps})$ ，需要传输的数据比特数为 $T_r$ ，则有

$$G = \frac{T_r}{R}$$

如果数据包为0，则 $G$ 为0。

## (5) 吞吐量

吞吐量定义为单位时间内成功传输到接入点的数据包的总数。用数据传输速率归一化的吞吐量记为 $S$ 。如果数据传输速率和每个数据包包含的信息比特数分别记为 $R(\text{bps})$  和  $T$ ，并且在单位时间内成功传输的数据包个数为 $n$ ，则有

$$S = \frac{n \cdot T}{R}$$

如果没有数据包产生，或者所有传输的数据包由于碰撞而被丢弃，则吞吐量变为最小值0。  
此外，在所有的单位时间内，如果所有的包都被正确传输，吞吐量为1。

### (6) 平均传输延迟

数据包从终端产生到成功的传输到接入点的平均时间间隔称为平均传输时延。平均传输时延依赖于包的长度。因此，通过数据的包长度进行归一化，可以得到归一化后的平均传输时延D。

### 2.3.2 业务源模型

业务源模型也进行了适当的简化，假设所有终端具有相同的业务强度，以具有某一参数的泊松过程产生数据包，数据包的大小为一常数。即数据包的产生满足如下特点：

独立性：在互不交叠的时间间隔内产生数据包的个数是相互统计独立的。

平稳性：在一段时间间隔内产生的数据包的个数仅与该段时间间隔有关，而与该段时间间隔的起始时间无关。

稀疏性：在非常小的时间间隔内，产生两个及两个以上数据包的概率非常小，可以忽略。而且，如果产生的数据包个数服从泊松分布，两个数据包之间的时间间隔服从负指数分布。

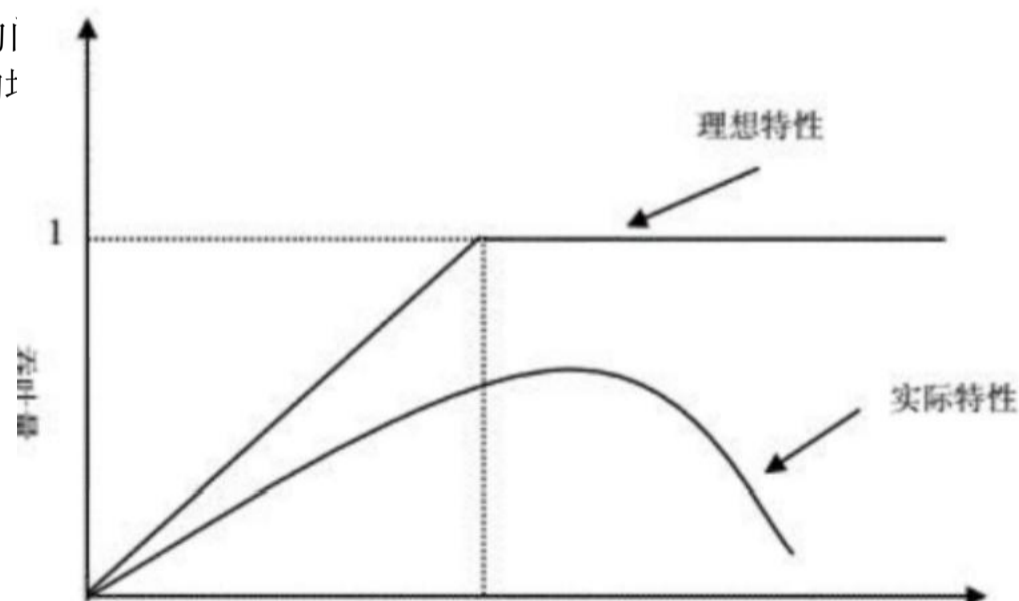
当不同终端发送的数据包发生碰撞时，在重传之前要随机退避一段时间，该时间服从负指数分布，我们可以将这个负指数分布的参数与业务产生的泊松过程参数设为相同的值，以便给出理论分析结果。

### 2.3.3 协议评价指标

评价协议性能的最基本的指标一般是产生的业务量G，吞吐量S及平均传输时延D。对一个理想的协议来说，吞吐量与业务量之间的关系为

$$S=G, G<1; \quad S=1, G \geq 1$$

如图2.3.9所示，在业务量较小的情况下，吞吐量随着业务量的增加而增加，而当业务量大于一定的j，平均传输时延将随着业务量的增加而增加。



业务量

图2.3.9 吞吐量与业务量之间的关系

### 3 ALOHA 协议的基本原理

## 原创力文档

ALOHA 系统的协议非常简单，其工作模式有以下四种：

发送模式 (transmission mode): 用户需要发送数据时可以随时发送的

下氧高清无求印

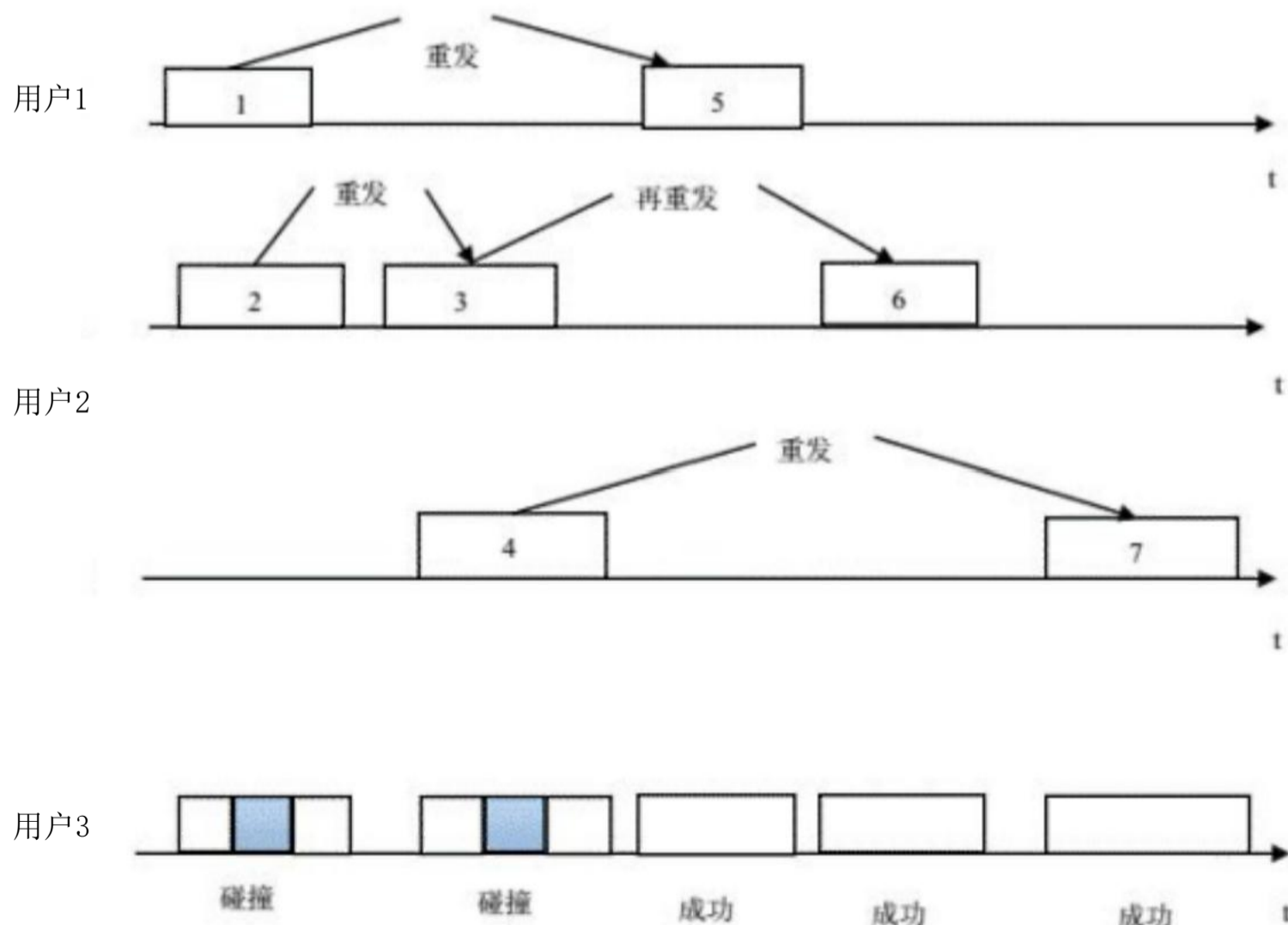
分组具有纠错能力。

收听模式 (listening mode): 在发送后，该用户收听来自接收端的“确认”

(ACK) 消息。当有多个用户同时传送数据时，由于信号的重叠会造成接收方收到的数据出现错误。这种现象称为碰撞 (collision)。此时，发送端将收到接收端发回的“否认” (NAK) 消息。

重发模式 (retransmission mode) 当发送端收到一个“否认”消息后，将会等待一段随机时间后重新发送数据，以免再次发生冲突。

超时模式 (timeout mode): 信息发送后，如果在一个给定的时间内没有收到“确认”消息或“否认”消息，则用户重发该信息。纯ALOHA 协议的思想是：只要用户有数据要发送，就立即让其发送。当然，这样很可能会产生冲突从而造成发送失败。但是，由于广播信道具有反馈性，因此发送方可以在发送数据的过程中进行冲突检测，将接收到的数据与缓冲区的数据进行比较，就可以知道数据帧是否遭到破坏。同理，其他用户也按照此过程工作。如果发送方知道数据帧遭到破坏，即检测到冲突，就等待一段随机长的时间后重发该帧。三用户共享同一信道进行信息传输的纯ALOHA 协议的工作过程如图3所示。



信道

图 3 纯ALOHA协议的工作原理

下面我们对纯ALOHA 系统的性能作一简单分析。

设每个数据分组长度为 $b$ ，由用户送入系统的总业务到达率为每秒 $N_t$  个分组，其中成功收

率为每秒  $N$  个分组，发生碰撞率为每秒  $Nr$  个分组，则有

$$N_s = [N] + N_s(\text{pkt/s})$$

于是可以将系统的吞吐量定义为

$$S' = bN(\text{b/s})$$

将系统的总业务量定义为

$$G' = bN_s(\text{b/s})$$

若系统的最大传输需率为  $R(\text{b/s})$ ，则定义归一化吞吐量为

$$S = bN/R$$

定义归一化总业务量为

$$G = bN_s/R$$

由于平均吞吐量  $S'$  不可能大于系统的最大传输速率为  $R$ ，所以归一化吞吐量  $S$  不可能大于 1，即  $0 \leq p \leq 1$ 。总业务量  $G'$  取决于用户的需求，它可能很大，所以归一化总业务量  $G$  可以大于 1。

这样，一个分组的最小传输时间

$$t = b/R$$

由上式可以得到

$$S = Nt$$

$$G = N_s t$$

由图3 可以看出，为了避免碰撞，一个分组至少需要  $2t$  的空闲时间。因为若在本分组发送前  $t$  秒内有另一个用户在发送，则会和前一分组的后部发生碰撞；若在本分组开始发送的  $t$  秒内有另一分组发送，则会和后一分组的前部发生碰撞。换句话说，成功发送一个分组的条件是在相邻两个  $t$  秒的时间间隔内没有其他的消息到达。

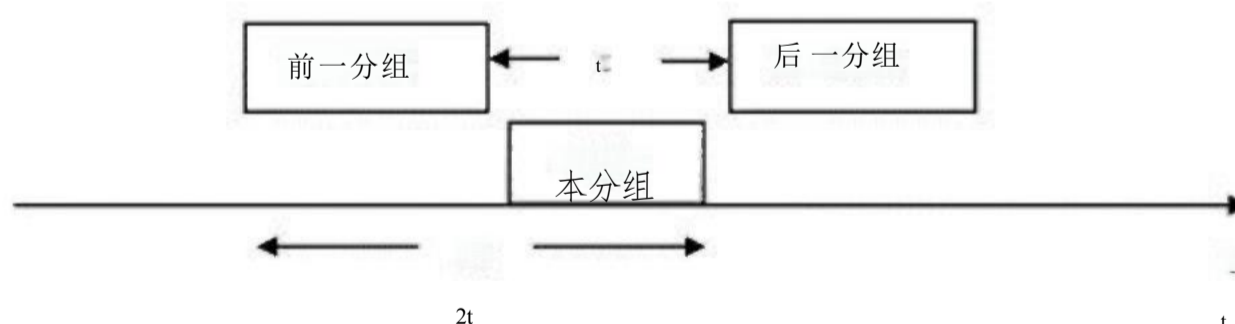
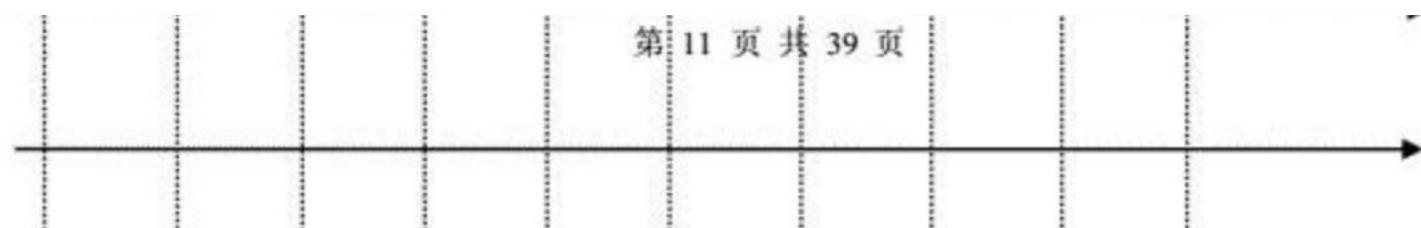


图3避免碰撞的最小时间间隔

### 3.1 时隙ALOHA 的基本原理

在时隙ALOHA 系统中，信道时间分成许多时隙。数据包传送时间  $T$  精确的等于时隙度。也就是说，数据包必须是定长的，且不得大于时隙多址接入协议17宽度。系统中的所有户都必须在时隙的开始时刻发送信息。主时钟的同步信息要向所有用户广播，以使网内所有用户都与主时钟同步。只要在一个数据包长时间内，或一个时隙中，无两个或两个以上的数包到这信道，就可成功发射。这是一种降低碰撞的有效措施。与纯ALOHA 相比，系统能有所改进。下面结合图3. 1, 以三个用户为例说明时隙ALOHA 协议的工作过程。用户1和用户3在时隙开始的时刻

发送信息，两者完全重叠，要求在下面的某个时隙开始的时刻重发。结果用户3 重发成功，而用户1 又和用户2 新发送的数据包重叠，用户1第二次重发成功，用户2一次重发成功。



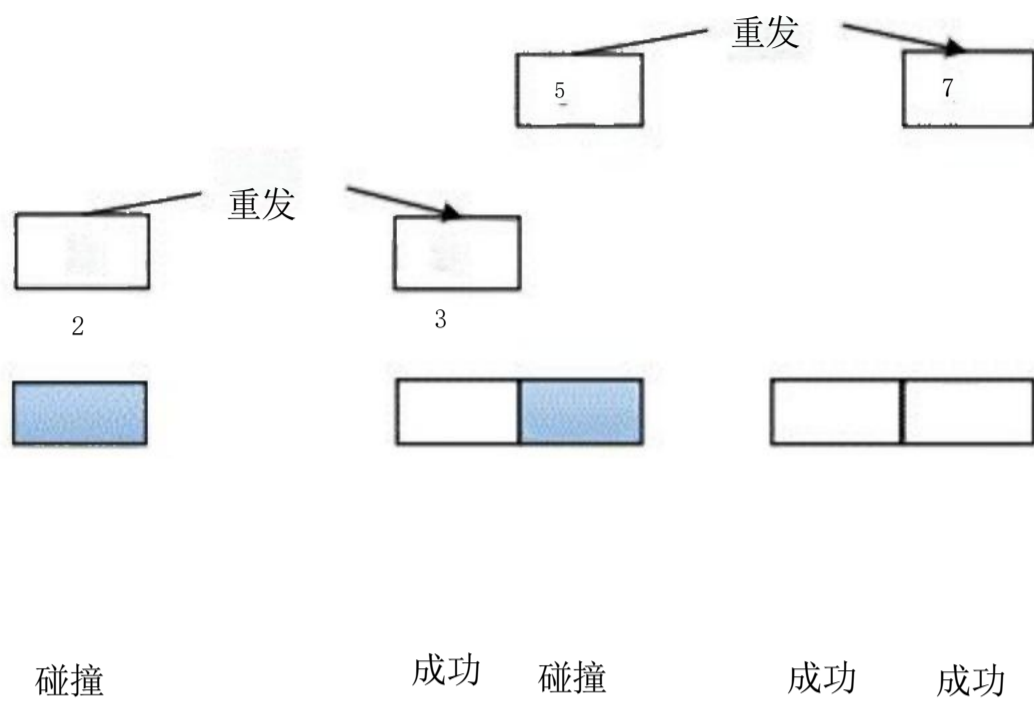


图3.1 时隙ALOHA 协议的工作原理

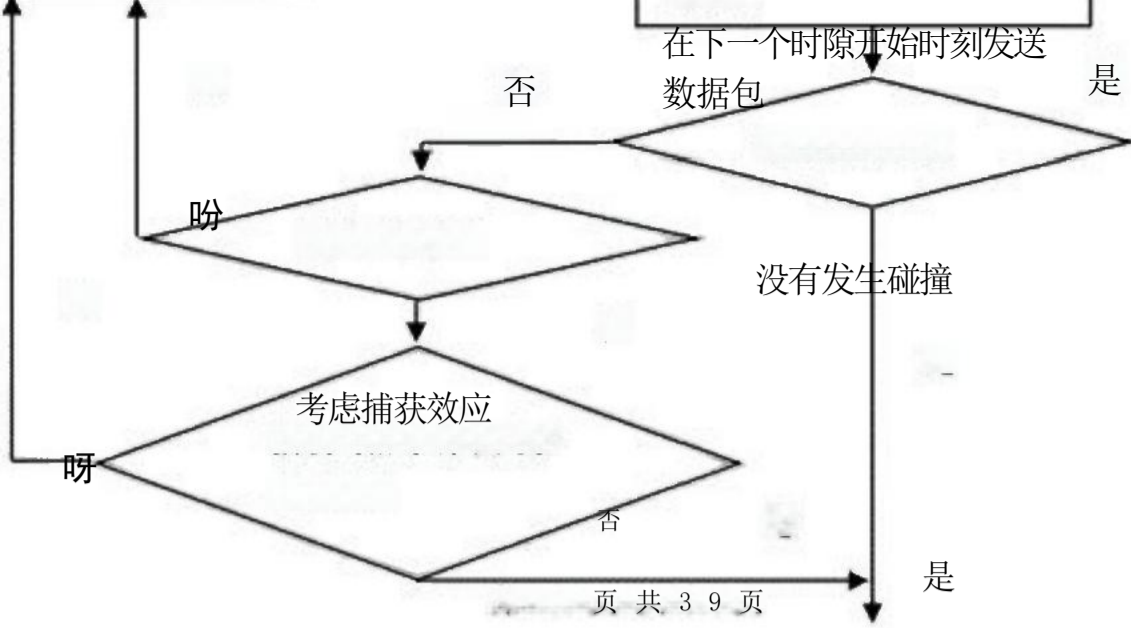
根据这种传输策略，冲突窗口从纯ALOHA 的  $2t$  缩小为  $t$ ，使碰撞率减小一半。这时的归一化吞吐量  $S$  和归一化总业务量  $G$  的关系式变为

$$S = Ge^{-G}$$

分析可知，当  $G=1.0$  时， $S$  的最大值等于  $1/e=0.368$ 。可见，时隙ALOHA 系统的最大吞吐量比纯ALOHA 系统提高了一倍。系统性能的这种提高，是源于对用户发送数据的随机性作出了一定的限制，并引入了网络同步机制，以至少许增加了分组时延和用户控制机制的复杂性。

### 3.2 时隙 ALOHA 的程序流程图

图3.2 是时隙ALOHA 协议仿真的程序流程图，与纯ALOHA 协议的流程图基本类似，随机多址接入协议的仿真流程图基本类似，所不同的是在初始化相关参数的时候，要进行时隙长度的定义，数据包传输时刻与数据包产生时刻也不再相同，要在时隙开始的时刻进行传输，随机延迟的时间也必须是时隙长度的整倍数。



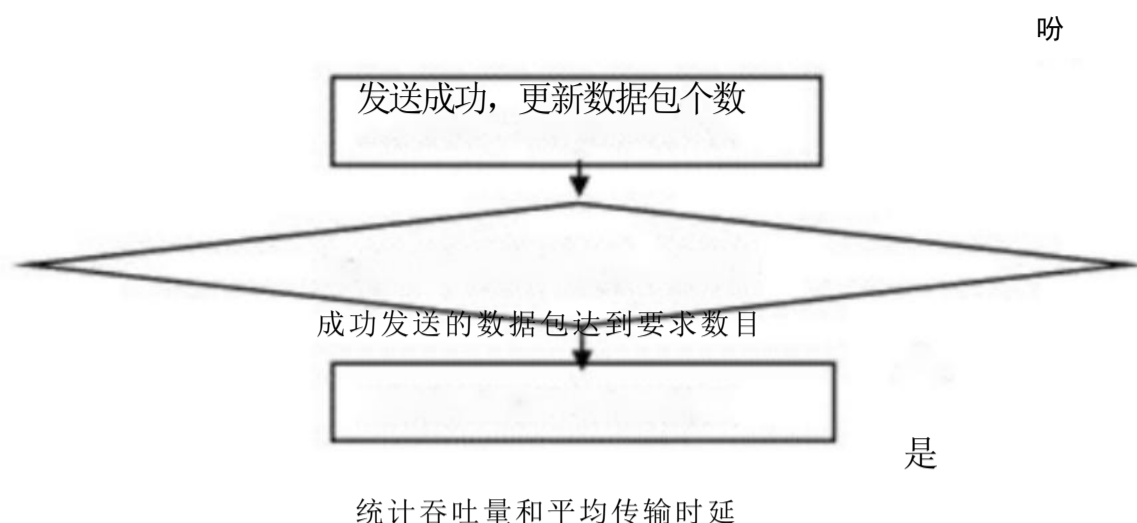


图3.2时隙ALOHA 协议仿真的程序流程图

### 3.3 时隙ALOHA 系统模型

#### 3.3.1 时隙ALOHA 马尔科夫链系统模型

假设系统由一个中心基站和N个终端节点组成，系统共享一个信道，各终端节点通基站进行数据通信，信道访问采用时隙ALOHA 协议。基站负责对信道的竞争情况进行监测并通知终端节点采用相同的概率重传阻塞数据包，各终端只有一个缓冲区，只有当阻塞数据包传输结束后才生成新的数据包，新包的到达为一参数为y 的泊松过程。再假定每个节点的请求分组的长度小于一个时隙能够传输的最大数据长度。当分组发生碰撞时，需要重传的分组数据在下一时隙以概率P 选择发送，以1-P 进入下一时隙，依次类推。一个时隙的分组包括新到节点和重传节点分组两部分，再假定重传的时延等待足够随机化。该系统可以近似认为重传分组的到达过程和新到达过程之和为一到达率为CC>) 的泊松过程，时隙AOH 的行为原创力文档可夫链来进行描述，其中状态值S={0, 1, . . . N, )；设 kES 为在每个时隙并始由2待量传m 高清先水印的终端数，每个终端以固定的概率P 在后续的时隙中重传分组直到成功为止。剩杀 一轟个终

端数能够生成新分组，各终端有新分组到达并传输的概率为 $P_0 = 1 - \exp(-y/N)$  在给定n 的条

件下，令 $P_r(a, k)$  为 k 个等待重传的终端中有1个终端在当前时隙传输的概率， $P_r(a, k)$  为有 N-k 终端中有 i 个终端在当前时隙传输的概率，则

$$P_r(i, k) = \binom{k}{i} (1 - P_r)^{k-i} P_r$$

$$P_a(i, k) = \binom{N-k}{i} (1 - P_0)^{N-k-i} P_0$$

为计算方便，令 $P_r = P_0 = p$ ，则系统的吞吐量

$$s = G \exp^{-G}$$

对上式求导并令其等于0可得到 $G=1$  系统获得最大吞吐量。

### 3.3.2 离散时间系统模型

计算机仿真一个系统时通常采用的是离散时间仿真算法，即将系统时间离散成一系列的时间点，在各个离散时间点上将系统的所有活动实体的动作推进到下一个离散时间点。离散时间仿真算法分为周期驱动法和事件驱动法两种，周期驱动法是用周期性方式触发仿真对象。仿真对象把自己的操作按时间周期长度划分为若干操作步骤序列，在每次触发时，执行一步操作。通过周期性触发，完成自己的操作序列。每个周期性驱动调用，对系统的所有实体进行一次轮

询调用。完成一次轮询后的运行效果是所有实体并发地执行了一步操作，其中事件 $S(t) = \{s_1(nT), s_2(nT), \dots\}$ 。T), 周期驱动法的特点是所有实体在每个触发点上同步地执行了一步操作。因此，如果周期越短，越能凸显出各个实体在时间上的差别(即仿真的时间精度越高)。

在存在周期长短受制于计算机及操作系统的问题，另外在每个周期，都需要轮询所有实体一次。周期越短，单位时间内轮询的次数越多，所需的运算量越大，要求计算机运算速度越高。运算量大小为 $O(N \cdot (1/T))$ ，其中 $O(\cdot)$ 触发每个实体操作的运算量， $N$ 为实体数目。运算量与实体数成正比，与每秒周期数成正比。

采用事件驱动的原理是某个实体需要动作时才触发它动作，不需要动作的实体不再触发它，这样可以减少大量的运算资源，或者将同样的运算资源用在更小的时间粒度上。从周期驱动法的仿真算法可以看出，实体有大量的触发没有执行任何动作，这是可节约运算资源的来源。掌握实体何时需要动作而去触发它的关键点就是“事件”。每个实体的动作都由事件来触发它，没有事件触发的实体不会产生动作。因此事件驱动法所需的计算量为：事件量\*每事件计算量。在信道仿真中，信道的速率、MAC算法等基本上确定了信道上单位时间内出现信号传输的事件数目的量级。该事件量级大致决定了仿真运算量，而仿真采用的时间粒度与仿真运算量基本无关。事件驱动法由事件产生、事件管理、事件处理三部分组成。

### 3.3.3 蒙特卡罗法

蒙特卡罗方法是以概率和统计理论为基础的一种计算方法，最初在上个世纪40年代由威勒蒙和冯诺伊曼在核武器的研制中首先提出来的，按照应用问题的性质可分为随机性问题和确定性两类。蒙特卡罗方法求解一个实际问题的基本环节包括：

(1) 根据问题内容和特点确定一个随机变量或过程 $g(x)$ ，使其数学期望  $\int g(x) f(x) dx$  正好等于所要求的值 $G$ ，其中 $f(x)$ 为 $X$ 的概率密度函数，这一步常称为构造模拟的概率模型，模拟的概率模型不是唯一的，不同的概率模型将有不同的效果，应该选择具有高计算效率的模型；

(2) 给出概率模型中随机变量的抽样方法。

(3) 按给定的概率模型与抽样方法，在计算机上进行模拟随即实验，产生样本，求出适当的统计量，得到解的近似或估计。

(4) 依据离散时间仿真算法原理，由仿真软件平台对预先生成概率模型进行计算机仿真。

## 4 MATLAB 仿真软件的介绍

现今用于网络协议仿真的软件主要有OPNET、Ns-2和MATLAB。OPNET产品主要面向专业人士，帮助客户进行网络结构、设备和应用的设计、建设、分析和管理工作。OPNET Modeler工具为技术人员(工程师)提供一个网络技术和产品开发平台。可以帮助他们设计和分析网络、网络设备和通信协议。其提供三层建模机制，最底层为Process模型，以状态机来描述协议；其次为Node模型，由相应的协议模型构成，反映设备特性；最上层为网络模型。三层模型和实际的网络、设备、协议层次完全对应，全面反映了网络的相关特性：采用离散事件驱动的模拟机理

(discrete event driven)，与时间驱动相比，计算效率得到很大提高。采用混合建模机制，把基于包的分析和基于统计的数学建模方法结合起来，既可得到非常细节的模拟结果，也大大提高了仿真效率。OPNET的缺点是价钱昂贵以及学习的进入障碍很高，通过专门培训而达到较为熟练程度至少需一个多月的时间。NS是一个由UC Berkeley开发的用于仿真各种IP网络为主

的优秀仿真软件。该软件的开发最初是针对基于UNIX 系统下网络设计和仿真而进行的。NS 设计的出发点是基于网络仿真，它集成了多种网络协议、业务类型、路由排队管理机制、路由算法。

此外，NS 还集成了组播业务和应用于局域网仿真有关的部分、MAC 层协议。其仿真主要针对路由层、传输层、数据链路层展开，因此，NS 可以进行对固定、无线、卫星以及混合等多种网络的仿真。但它最适用于TCP 层以上的模拟。NS 的特点是源代码公开；可扩展性强；速度和效率优势明显。与OPNET 相比，NS 是自由软件，免费，这是与OPNET 相比最大的优势，因此它的普及度较高，是OPNET 强有力的竞争对手。MATLAB 软件是由美国 Mathworks 公司推出的用于数值计算和图形处理的科学计算系统环境。MATLAB 具有条件控制、函数调用、数据结构、输入输出、面向对象等程序语言特性。利用它既可以进行小规模编程，完成算法设计和算法实验的基本任务，也可以进行大规模编程，开发复杂的应用程序。MATLAB 还提供了丰富的数学函数库，其集数值计算、图形管理、程序开发为一体的环境。MATLAB 的缺点是它和其他高级程序相比，程序的执行速度较慢。MATLAB 仿真的优势是调试方便，且作图功能强大，数学函数库丰富，容易实现离散时间的处理，对修改算法提供很大的便利。因此，实现ALOHA 协议在MATLAB 上仿真，具有很大实用价值。

#### 4.1 时隙 ALOHA 协议在MATLAB 中的实现

利用MATLAB 编程实现对时隙ALOHA 进行仿真中，其主要包括：(1)随机数的产生；(2)信道状态的判断；(3)控制算法的应用。

##### 4.1.1 随机数的生成

时隙ALOHA 协议基本假设是数据流的到达 $X(t)$ 为泊松过程，所有节点(包括新包生成节点和重传包节点)以概率 $p$ 传输数据，以 $1-p$ 进入下一时隙。为保证信道最大利用率， $p=1/2N$ ，其中 $N$ 为系统的活动节点数。利用蒙特卡罗法原理，由机器产生一个 $[0, 1]$ 之间均匀分布的随机数，判断该随机数是否小于 $p$ ，满足则执行相应的事件。真正的随机数只能用某些随机物理过程来产生。例如：放射性衰变、电子设备的热噪音、宇宙射线的触发时间等等，实际应用的随机数通常都是通过某些数学公式计算而产生的伪随机数。这样的伪随机数从数学意义上讲已经一点不是随机的了。但是，只要伪随机数能够通过随机数的一系列的统计检验，就可以把它当作真随机数而放心地使用。在时隙ALOHA 协议的仿真中需要使用到两个随机数：一个是节点的新包到达率为指数分布的随机数，在MATLAB 中可以使用 `exprnd` 函数来实现；二是  $(0, 1)$  均匀分布随机数，在MATLAB 中提供了 `unifrnd` 函数来实现均匀分布随机数。随机变量的概率分布反映大量重复实验的情况，随机数是一次实验的结果。不定性现象在大量重复观察或试验下，它的结果却呈现出固有规律性。因此在仿真过程必须经过多次重复实验才能获得系统的真正性能，实际仿真是通过上万次的重复试验，求其平均值才来表达随机事件。

##### 4.1.2 信道状态的判断

在时隙ALOHA 协议中，终端需要在每个时隙结束时通过应答方式来获得信道的状态(成功，冲突还是空闲)，并确定自己是否进行了成功传输，若发生冲突，则需要重传发生冲突的数据包直到成功。在MATLAB 仿真中，通过统计一个时隙中传输节点有个数来实现对信道状态的监测，若只有一个节点进行数据传输，则传输成功，若超过1个以上的节点同时发生数据传输，则信道冲突。

##### 4.1.3 为贝叶斯调整算法实现

设第 $t$ 个时隙 $N$ 个终端中有 $i$ 个终端进行数据传输，每个终端以概率 $p, 1/2N$ 进行数据发送时，时隙空闲的概率  $\exp(-1)$ 。在第 $t$ 个时隙空闲情况时，系统中还有 $i$ 个终端等待发送为均值等于 $N-1$ 的泊松分布。当在时隙 $t$ 中成功传输一个请求分组时，系统中等待传输的分组数 $i$

是一个均值为 $N-1$  的泊松分布随机变量。考虑到系统在一个时隙内新到达的请求数为  
( $\leq 0.368$ ), 给定一个与 $N(N \geq 1)$  相关的先验概率 $1/N$ , 当时隙空闲或成功后,  $N$  是一个

均值为 $N+1$  的泊松分布随机变量。若发生冲突， $N_{t+1}$ 可近似为一个均值为 $N+1/(e-2)$  的泊松分布随机变量。因此可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) 在时隙  $t$ ，每个终端以概率

$$P_t(N_t) = \min(1, 1/N_t)$$

发送数据分组。

(2)  $t+1$  时隙需发送数据包的终端数用下式进行估计：

$$N_{t+1} = \max(v, N_t + y - 1I_{\text{Success}} \text{ or } \text{idle})$$

$$N_{t+1} = N_t + y + (e-2)I_{\text{collision}}$$

(3)  $t+1$  时隙各终端以  $1/N_{t+1}$  的概率发送请求分组。

在使用MATLAB完成伪贝叶斯算法的仿真中，依据 $t$  时隙所获得的信道状态信息，修改系统中仿真测试。MATLAB可以很好实现对时隙ALOHA控制算法的仿真测试。

#### 4.2时隙ALOHA协议仿真结果分析

根据理论公式的推导，已经得出时隙ALOHA 协议吞吐量 $S$  与业务量之间的理论关系式为

$$S = Ge - G^2$$

在上述关系式中，当 $G=1.0$  时，最大吞吐量 $S$  为0.368。可以看出，在这种通信方式下，因为碰撞的几率减小，所以信道的利用率有所提高。

利用MATLAB 编写程序对时隙ALOHA 协议的仿真结果如图4.2.1和图4.2.2。

**原创力文档**

max.bookj18.com

下载高清无水印

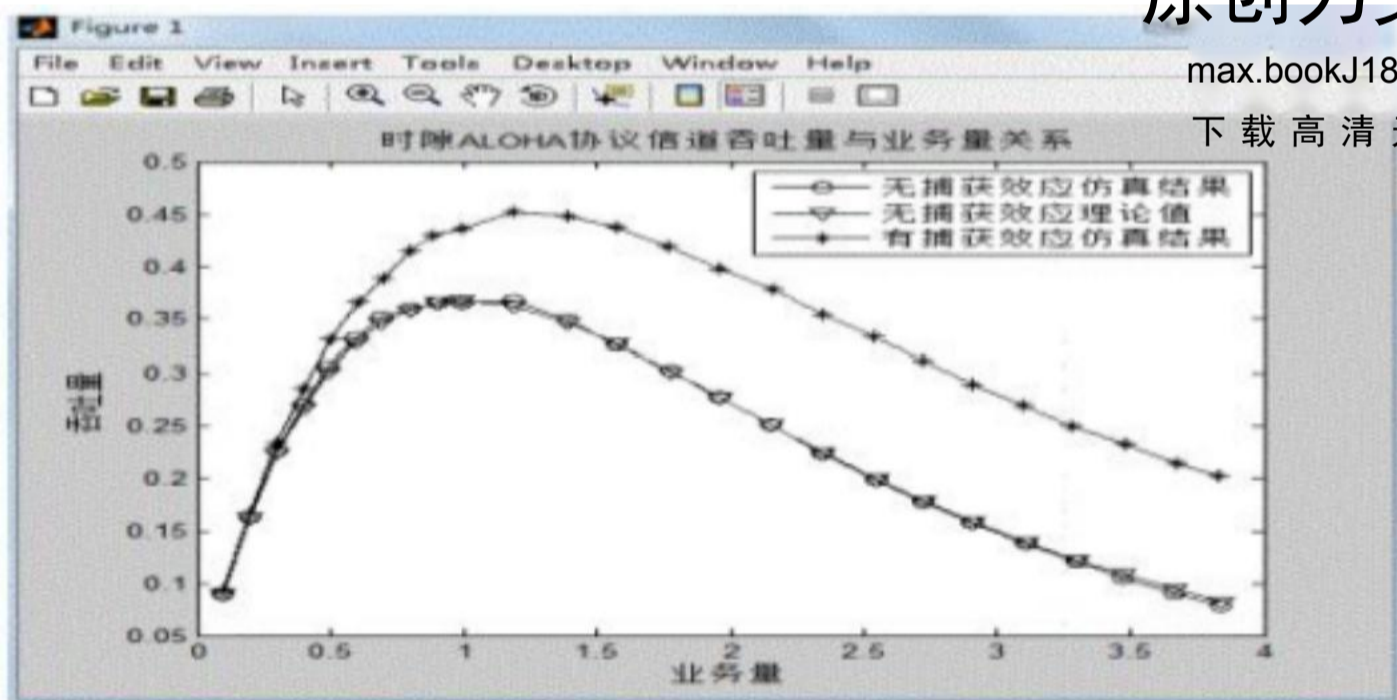


图4.2.1 时隙ALOHA 协议信道吞吐量与业务量的关系

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/185032311000011140>