

两种接入协议在临近空间通信网中的应用分析

金山¹ 吴翔宇² 倪淑燕³

(装备学院 光电装备系 北京 101416)

摘要: 临近空间通信网是未来空天信息网的重要一环。在临近空间通信网中存在大量的突发性业务,竞争类多址接入协议是应对突发性接入业务的主要方法。在建立的仿真模型中,通过 MATLAB 软件对两种典型的竞争类多址接入协议,时隙 ALOHA(S-ALOHA)协议和非持续性载波监听(np-CSMA)协议进行仿真,比较两种协议在临近空间通信网中性能随突发性业务量增加而形成的变化趋势。通过仿真结果分析可以看出,np-CSMA 协议相比于 S-ALOHA 更适合作为临近空间通信网高业务量条件下的多址接入协议。

关键词: 临近空间通信网;多址接入;S-ALOHA 协议;np-CSMA 协议

中图分类号: TN **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510. 50

Application analysis of two access protocols in near space communication network

Jin Shan¹ Wu Xiangyu² Ni Shuyan³

(Department of Equipment Acquisition, Equipment Academy, Beijing 101416, China)

Abstract: Near space communication network is an important part of the space information network in the future. There are a large number of bursty traffic in the near space and competitive multiple access protocol is the main measure to solve. In the simulation model, through the MATLAB simulation of the Solt-ALOHA (S-ALOHA) protocol and Non persistent CSMA (np-CSMA) protocol, compare the properties with bursty traffic increases the change trend in the near space network. According to the simulation results, np-CSMA protocol is more suitable for near space network than S-ALOHA protocol.

Keywords: near space communication network; multiple access protocol; S-ALOHA protocol; np-CSMA protocol

1 引言

临近空间(Near space)是指距地面 20~100 km 的空域,其下是传统航空器活动的“天空”,其上是航天器运行的“太空”^[1]。在此空域部署的低动态临近空间飞行器,如:平流层飞艇、浮空气球等,可悬停在目标区域上空,为目标区域提供通信网络服务^[2]。具有效费比高、机动性好、有效载荷技术难度小、易于更新和维护等优点^[3]。极具发展潜力,受到了国内外的广泛重视。

多址接入技术是临近空间通信网在解决多用户有效利用信道资源时涉及到的关键技术。在临近空间通信网中,信道被所有的接入用户共享,必须针对接入用户对共享无线链路的使用进行管控。衡量一种多址接入技术的好坏主要包括吞吐量和延迟量。目前,多址接入方式主要分为非竞争(调度)多址接入协议和竞争(随机)接入协议两大类。非竞争(调度)协议能够较好地保证服务质量(QoS),适用于相对稳定的数据传输,如语音和视频业务,但针对突发性

业务时存在低资源利用率,长时延的问题。竞争(随机接入)协议则可以较好的满足突发业务和未定比特率业务的需求^[4]。

时隙 ALOHA 和非持续性载波监听协议(np-CSMA)是两种典型的竞争(随机)多址接入协议。两者选择了不同的时机接入信道,协议的效果也随吞吐量的变化出现不同的效果。通过仿真比较,可以直观的反映出二者在较高吞吐量时的协议性能。

2 协议描述

自 1970 年 ALOHA 协议诞生以来,出现了大量的多址接入协议。基于 ALOHA 改进的 S-ALOHA 协议和 CSMA 类协议是竞争(随机)多址接入协议中的两大典型协议,受到广泛应用。

2.1 S-ALOHA 协议

由于计算机通信应用的需求,诞生了 ALOHA 协议。

协议中,系统内各用户之间无需任何协调,每个终端在需要向接入点发送信息时就随机地用同一信道发射出去。由于各个终端均有可能发信息给接入点,所以很有可能发生碰撞。由于在一个分组的受损间隔内其他站都有可能随机地发送分组,因此协议中必然存在大量首尾碰撞的分组,造成浪费。其最高吞吐量只有 18.4%。对于发生碰撞的数据包,通常有两种处理方式,一种是全部丢弃重传,这种做法简单但明显降低了吞吐量;另一种是将发生碰撞的数据包中,较强的数据包正确接收,即捕获效应。显然加入捕获效应后,吞吐量会明显增加。

为了进一步减少碰撞造成的浪费,在 ALOHA 协议的基础上进行了改进,提出了 S-ALOHA 协议。即将传输时间分成一个个时隙,数据包只能在时隙的开始进行传输。当前时隙中产生的数据包只能在下一个时隙开始时进行传输^[5]。在 S-ALOHA 协议中数据包发送流程部分如图 1 所示。

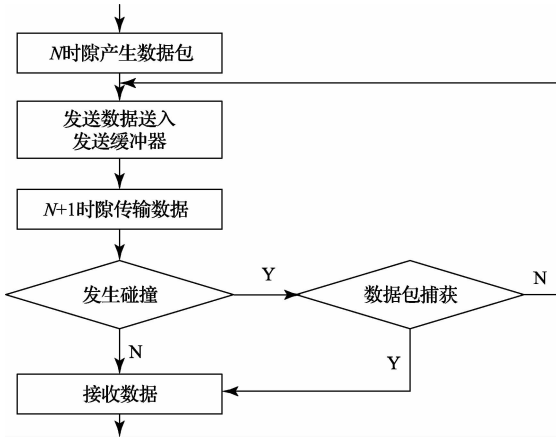


图 1 S-ALOHA 协议数据包发送流程

协议中首先将时间轴隙化成一个个时隙,在 N 时隙信道中某一终端产生了一个数据包,此时并不像 ALOHA 协议中描述的一样,直接将数据包发送出去,而是先将要发送的数据送入发送缓冲器,直到 $N+1$ 时隙时才发送传输数据,对于发送的数据进行判断,若发生碰撞,则对可捕获的数据包进行接收,不能捕获的数据包重新发送;若未发生碰撞则直接接收。显然,S-ALOHA 协议中碰撞受损间隔仅在一个时隙中,而不像 ALOHA 协议最多可能有两个受损时隙。

2.2 np-CSMA 协议

CSMA 协议也是在 ALOHA 协议的基础上进行改进而来的,是一种分布式介质访问控制协议,网络中的每个终端在传输数据包前,先监听信道是否空闲,若空闲则立即发送数据。在发送数据时,边发送边继续监听。若监听到冲突,则立即停止发送数据,等待一段时间再重新尝试^[6]。而根据其调整自己传输行为的情况,可以分为 1-持续 CSMA、np-CSMA 和 p-持续 CSMA 3 类^[7]。其中 np-CSMA 协议

采用的是非持续侦听信道,发生冲突后,等待随机的一段时间后再次传输的方法。在 np-CSMA 协议中数据包发送流程部分如图 2 所示。

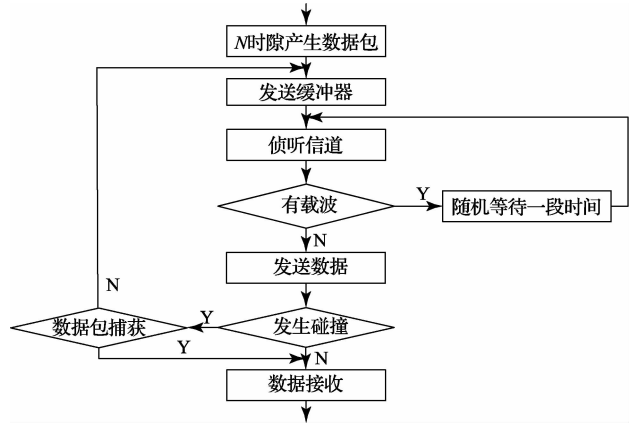


图 2 np-CSMA 协议数据包发送流程

协议中同样将时间轴隙化,在 N 时隙信道中某一终端产生了一个数据包,产生的数据包先送入发送缓冲器,同时开始信道的侦听,若发现信道空闲,则发送传输数据,并对发送的数据进行捕获效应判断;若信道繁忙则等待某一随机时间后继续侦听,判断信道是否空闲,是否可以发送数据。由于加入了侦听机制,协议中不再是每个时隙都可能发生碰撞,随机等待的时间也减少了连续两次发生碰撞的机率。

3 性能参数

评价协议性能的基本指标一般是产生的业务量 G ,吞吐量 S 及平均传输时延 D 。它们的定义如下:

1) 业务量

单位时间内新产生的数据包和重传的数据包之和称为业务量,通过传输速率归一化的业务量记为 G 。如果传输速率为 $R(\text{bps})$,需要传输的数据比特数为 T ,则有:

$$G = \frac{T}{R} \quad (1)$$

2) 吞吐量

单位时间内成功传输到接入点的数据包的总数称为吞吐量。用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 ,并且单位时间内成功传输的数据包个数为 n ,则有:

$$S = \frac{Tn}{R} \quad (2)$$

当没有数据包产生或数据包因未被正确接收而被丢弃时,吞吐量记为最小值 0。若所有数据包均被正确接收则吞吐量为 1。

3) 平均传输时延

数据包从终端产生到成功地传输到接入点的平均时间间隔称为平均传输时延。

S-ALOHA 协议的吞吐量 S 与业务量 G 之间有如下关系:

$$S = Ge^{-G} \tag{3}$$

CSMA 协议吞吐量 S 与业务量 G 之间有如下关系:

$$S = \frac{Ge^{-d\alpha}}{G(1+2\alpha) + e^{-d\alpha}} \tag{4}$$

式中: α 为归一化传播时延。

4 仿真场景

在实际系统中的协议实现比较复杂,而本文的目的是使用 MATLAB 来考察两种竞争(随机)多址接入方式在临近空间通信网中,协议性能随业务量增加产生的变化,因此本文将实际的网络模型抽象成数学模型进行仿真验证。

4.1 仿真模型

临近空间飞行器用作通信接入点时,可以单艇接入,也可多艇组网作为通信节点。本文根据需要分析的内容,选择单艇接入这种简单的组网形式,仅考虑地面用户,用户位置随机,但均处于飞行器的通信范围内,其仿真模型如图 3 所示。

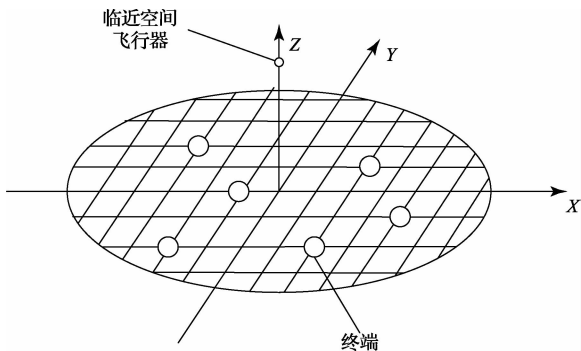


图 3 仿真模型

模型中假设终端的数量为 100 个,所有终端在接受通信服务时均不存在“隐终端”的问题。不考虑大气折射等非线性因素,临近空间飞行器视距通信的覆盖范围 R (km) 与飞行器高度 h (km) 有如下关系式^[8]:

$$R = R_E \left[\frac{\pi}{2} - \alpha - \arcsin \left(\frac{R_E}{R_E + h} \cos \alpha \right) \right] \tag{5}$$

式中: R_E 表示地球的半径 6 378 km, α 为地面与临近空间飞行器的仰角(弧度)。

通过公式可以计算出飞行高度为 20 km,仰角为 3° 的临近空间飞行器视距通信范围约为 278.8 km。本文的仿真模型中临近空间飞行器高度设定为 20 km,通信半径设定为 200 km。

4.2 信道模型

临近空间飞行器在无线通信过程中,信道状况是时变的。接收到的信号功率随着终端与飞行器之间的距离增加而单调下降,出现路径损耗^[9]。产生的路径损耗包括自由空间传播损耗、大气吸收损耗、极化损耗等。基于理论和实际测量的传播模型均表明,路径损耗存在以下关系式:

$$P_r(\text{dBm}) = P_t(\text{dBm}) + 10n \lg \frac{d}{d_0} \tag{6}$$

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 ~ 5; d_0 为近地参考距离; d 为发射天线与接收天线之间的距离。本文在仿真时取 n 值为 3。

除路径损耗外,信号在无线信道传播过程中,会遇到各种物体的遮挡,达到接收天线时,会出现多径衰落,使信号发生随机变化。因此,需要建立一个描述多径衰落的模型。最常用的模型是对数正态阴影模型,衰落的标准差一般在 6 ~ 10 dB。本文在仿真时选取 6 dB。

5 仿真分析

利用 MATLAB 软件对 S-ALOHA 协议和 np-CSMA 协议在临近空间通信网络下进行仿真^[10]。根据式(1)、(2)、(3)、(4)及仿真数学模型模型,除之前提到的仿真参数外还对以下参数进行了设定,如表 1 所示。

表 1 仿真相关参数设定

参数	数值
比特速率	6 Mbps
符号速率	0.25 Mbps
符号数(包长)	500
终端数目	100
最低正确接收功率	10 dBm
服务区边缘发射功率	25 dBm
归一化传输时延	0.1 s

仿真过程中的理论业务量按照 $G = [0.1 : 0.1 : 1, 1.2 : 0.2 : 4, 6 : 1 : 8]$ 进行预设,在成功传输 10 000 个数据包后结束仿真。对于这两种协议的仿真,其基本的流程是一样的,只是每个协议对于数据包的发送选择上有所不同。仿真流程如图 4 所示。

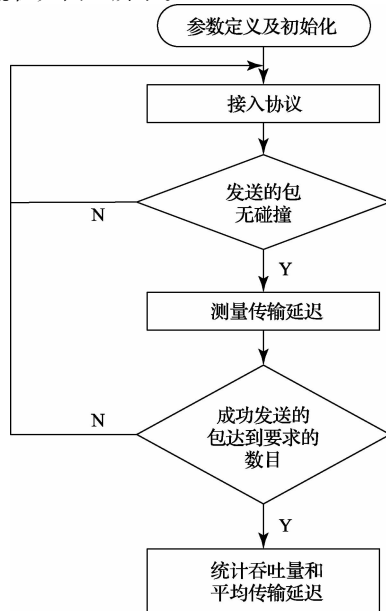


图 4 仿真流程

对于 S-ALOHA 协议,每个数据包在时隙开始的时刻进行传输,如果传输时发生了碰撞,则根据图 1 所示的流程进行处理。对于 np-CSMA 协议,数据包的发送处理按图 2 所示进行。对于捕获效应的仿真,是参考每个发生碰撞的终端到接入点的距离,计算接入点接收到的各终端信号功率,若接收的信号功率大于捕获门限则传输成功。两种协议的最终仿真结果如图 5 和 6 所示。

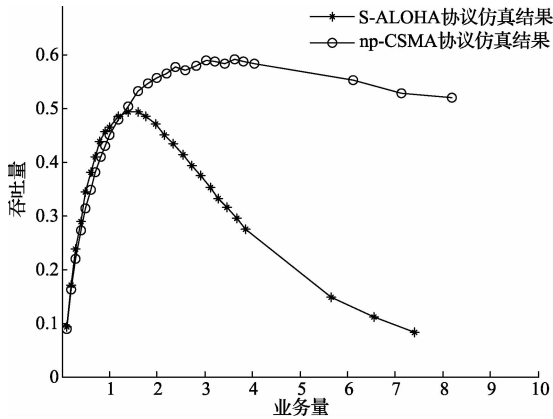


图 5 两种协议信道吞吐量与业务量关系

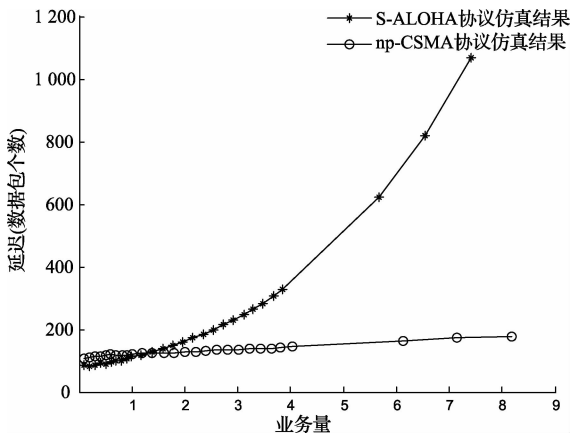


图 6 两种协议延时与业务量关系

从仿真结果可以看出 S-ALOHA 协议在业务量低于 1 时具有较低的吞吐量和较低的延迟,这与理想协议中,吞吐量与业务量之间的关系:

$$S = \begin{cases} G, & G < 1 \\ 1, & G \geq 1 \end{cases} \quad (7)$$

$G < 1$ 时的条件相吻合。但随着业务量的增加,当 $G \geq 1$ 时,即每秒所传的数据量小于所要传输的数据比特时,吞吐量不断下降,延时急剧升高,说明在高业务量的情况下碰撞对协议性能的影响较大。而 np-CSMA 协议的吞吐量和

延时受业务量影响变化缓慢,在高业务量时,对比 S-ALOHA 协议,其吞吐量和延时性能均有显著的优势。单从协议性能方面考虑,即使在系统业务量很大时, np-CSMA 协议也能提供很高的吞吐量和相对较低的延时。针对于临近空间通信网的实际情况, np-CSMA 具有更好的应用价值。

6 结 论

临近空间通信网中存在的业务类型既包括连续数据流,又包括突发性较强的数据业务。对于突发性较强的数据业务,采用 np-CSMA 协议可以提供较好的系统性能。在全面考虑综合性业务,设计混合接入协议时,也可将 np-CSMA 协议做为混合协议的一部分进行设计。综上所述, np-CSMA 协议对于临近空间通信网的多址接入协议研究具有很好的参考价值。

参考文献

- [1] 赵旭东,王俐莉,熊艳晔. 云理论的临近空间系统效能评估[J]. 四川兵工学报,2014, 35(11): 133-136.
- [2] 鲁芳. 临近空间飞行器的 ISR 能力及其发展前景分析[J]. 国外电子测量技术, 2010,29(6): 26-28,33.
- [3] 张海林,周林,马骁,等. 临近空间飞行器发展现状及军事应用研究[J]. 飞航导弹, 2014(7): 3-7.
- [4] 全亚光,梁俊,朱子行. 一种竞争型的临近空间通信网多址接入协议仿真[J]. 电讯技术, 2010, 50(8): 111-115.
- [5] 杨柳,范平志,郝莉. 基于捕获与退避的多信道时隙 ALOHA 协议性能分析[J]. 西安交通大学学报,2013(4): 761-768.
- [6] 滕国宝,祝小利. 一种 CSMA 与动态预约 TDMA 相结合的混合多址接入策略[J]. 可编程控制器与工厂自动化, 2014(8): 90-91, 96.
- [7] 梁华,陈振. 非坚持型 CSMA 与坚持型 CSMA 退避算法的性能分析与比较[J]. 计算技术与自动化, 2006(3): 51-53.
- [8] 朱子行,梁俊,余江明. 临近空间通信网 MAC 层协议研究[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(2): 68-71.
- [9] 鲍荣伟,陈树新. 临近空间静止通信平台模型研究[J]. 空军工程大学学报:自然科学版, 2010, 11(6): 22-25.
- [10] 刘学勇. MATLAB/Simulink 通信系统建模与仿真[M]. 北京:电子工业出版社,2011:318-343.

作者简介

金山,硕士研究生,主要研究方向信息与通信工程。作为骨干人员参与国家 863 科研项目“基于中继节点的 * * 研究”。