

文章编号:1001-893X(2010)08-0111-05

一种竞争型的临近空间通信网多址接入协议仿真^{*}

仝亚光,梁 俊,朱子行

(空军工程大学 电讯工程学院,西安 710077)

摘 要:为实现移动终端对临近空间物理链路资源的有效共享,提出将基于竞争机制的载波侦听型多址接入协议(CSMA)应用到临近空间通信网中,并采用理论推导和 OPNET 建模仿真的方法对其吞吐量和时延性能进行了分析。仿真结果表明,在常规的用户数量下,CSMA 协议能够保证较大的吞吐量和较低的端到端时延,可以很好地应用于临近空间通信网。

关键词:临近空间通信网;载波侦听多址接入协议;吞吐量;端到端时延;OPNET 仿真

中图分类号:TN915 **文献标识码:**A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2010.08.023

Simulation of a Novel Multiple Access Protocol for Competition in Near Space Communication Network

TONG Ya-guang, LIANG Jun, ZHU Zi-hang

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: To meet the need of mobile terminals sharing network channel resource effectively, CSMA (Carrier Sense Multiple Access) protocol based on competitive mechanism is applied to near space communication network. Its throughput and end to end (ETE) delay are analysed based on theoretical deduction and OPNET simulation. Simulation results show that in the case of normal user numbers, CSMA can ensure higher throughput and lower ETE delay. Thus, CSMA can be applied effectively to near space communication network.

Key words: near space communication network; CSMA protocol; throughput; end to end delay; OPNET simulation

1 引 言

自美军 2005 年 2 月在“施里弗-3”空间战模拟演习过程中首次将临近空间纳入作战视野以来,临近空间这一领域已引起世界各国的关注并成为近期的研究热点^[1]。所谓临近空间是指距地面 20~100 km 的空域,这一范围既不属于航天范畴,也不属于航空范畴,它对于情报收集和监视以及通信保障

有着重大的发展应用前景^[2]。

在临近空间通信网络中,不同的用户,尤其是高速移动终端,要通过竞争共享带宽有限的无线信道,因此需要设计一种竞争型的多址接入协议,以便适应动态组网的需要。传统的多址接入协议主要分为固定分配多址接入协议(如 TDMA、FDMA、CDMA 等)、按需分配多址接入协议(如 PRMA 等)和随机分配多址接入协议(如 ALOHA、CSMA 等)。固定分配协议中,每个终端固定分配一定数量的带宽,适用于

^{*} 收稿日期:2010-04-13;修回日期:2010-05-14
基金项目:陕西省自然科学基金资助项目(2007F03);陕西省电子信息系统综合集成重点实验室基金资助项目(200902B)
Foundation Item: The Natural Science Foundation of Shaanxi Province (No. 2007F03); The Electronics and Information Systems Metasynthetic Key Lab Foundation of Shaanxi Province (No.200902B)

终端数量有限和业务负载稳定的网络,难以适应突发业务;按需分配协议中,根据需求为每个终端分配系统资源,适用于相对稳定的数据传输如语音和视频业务,但是并不太适用于宽带低时延业务;而随机分配协议能支持突发业务和未定比特率业务,比较适用于动态的网络拓扑结构。

在随机分配多址接入协议中,采用 ALOHA 协议的网路中的节点不考虑当前信道是忙还是闲,一旦有分组到达就独自决定将分组发送到信道,节点间发送冲突的概率很大。而 CSMA 协议采用了附加的硬件装置,使每个节点都能够在发送分组前检测(侦听)到信道上有无分组在传输,从而减少了发生冲突的概率。因此,本文将基于竞争机制的 CSMA 协议引入临近空间通信网中,以适应动态多变的网络拓扑结构。

2 性能分析

吞吐量 S 等于发送时间 T_0 内成功发送的平均帧数。在稳定情况下,在时间 T_0 内到达系统的平均帧数应等于吞吐量 S 。

网络负载 G 等于发送时间 T_0 内发送的平均帧数,包括发送成功的和冲突重发的帧。显然有: $G \geq S$,在不发生冲突时 $G = S$ 。

在稳定情况下,吞吐量 S 和网络负载 G 之间有: $S = G \times P\{\text{发送成功}\}$,其中 $P\{\text{发送成功}\}$ 为分组发送成功的概率。

假设帧的到达服从泊松分布,有: $a(t) = \lambda e^{-\lambda t}$,其中 λ 是帧的平均到达率, $\lambda = G/T_0$ 。如果忽略传播时延的影响,可推导得^[3]:

$$S = G(1 + G)e^{-G} / (G + e^{-G}) \tag{1}$$

3 临近空间通信网模型^[4]

本文利用 OPNET 网络仿真软件建立了临近空间通信网模型。该软件常用的编辑器主要有项目编辑器、节点模型编辑器和进程模型编辑器,相应的要建立网络模型、节点模型和进程模型。

3.1 网络模型

网络模型主要用来指定通信网的拓扑结构,从而确定各个节点的位置。临近空间通信网由地面节点和临近空间平台节点构成,临近空间平台实现信息的转发功能。平台通信覆盖范围可以由如下近似公式给出:

$$d = R \times [\frac{\pi}{2} - \alpha - \arcsin(\frac{R \cos \alpha}{R + h})] \tag{2}$$

式中, d 表示通信半径(km), $R = 6\,378\text{ km}$ 为地球半径, α 表示天线仰角(rad), h 表示平台高度(km)。

当平台高度定为 100 km, 天线仰角为 3° 时, 可以算出通信半径为 836.315 km。为确保通信质量, 本文设计的场景为 10 个地面站随机分布在 700 km × 700 km 的地域内, 临近空间平台位于 100 km 的高空, 确保各个地面站之间通过平台转发能实现互相通信。网络拓扑结构如图 1 所示。

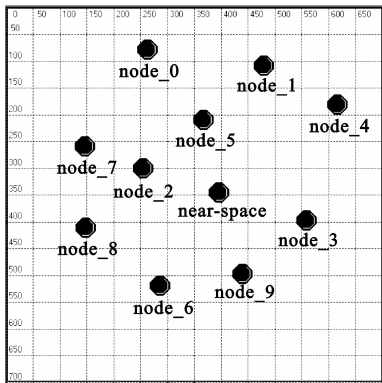


图 1 网络模型
Fig. 1 Network model

3.2 节点模型

3.2.1 地面节点模型

地面节点模型如图 2 所示。地面节点的功能为将 gen 模块产生的分组发送到无线发射机 r_tx 模块, 调制后通过天线 tx_ant 模块发送到临近空间平台。如果检测到无线信道中有分组存在, 则在发送处理模块 tx_proc 中等待, 直到检测到无线信道中没有分组, 立即发送分组。与此同时接收临近空间平台转发的分组, 送到 rx_proc 模块对网络的端到端时延和分组数进行统计。图中从 r_rx 模块指向 tx_proc 模块的统计线用来指示无线信道的忙闲状态, 以便于 tx_proc 模块决定是否发送分组。

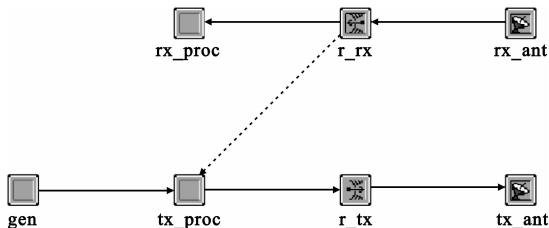


图 2 地面节点模型
Fig. 2 Ground node model

3.2.2 临近空间平台节点模型

临近空间平台节点模型如图 3 所示。临近空间平台节点的功能为接收地面节点发送的分组,并以广播的形式发送给其覆盖区域内的所有节点。在节点编辑器中分别放置一个全向接收天线 rx_ant 模块、一个无线接收机 r_rx 模块、一个具有信息转发功能的 near_space 模块、一个无线发射机 r_tx 模块和一个全向发射天线 tx_ant 模块。

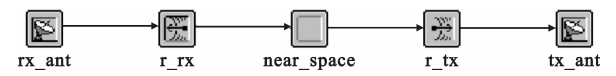


图 3 临近空间平台节点模型
Fig.3 Near space node model

3.3 进程模型

Proto - C 语言是进程模型中支持各种协议实现的 OPNET 独有的语言,它利用状态和转移图形表示算法,并在状态的入口执行和出口执行处编写代码完成协议算法。本文采用 CSMA 作为临近空间通信网的多址接入协议,具体是通过 CSMA 进程模型来实现的,如图 4 所示。

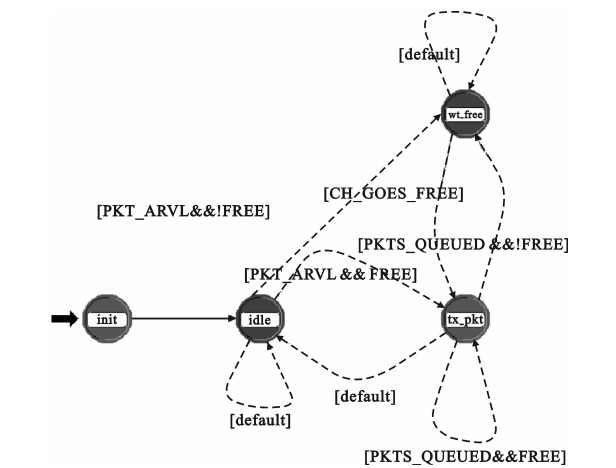


图 4 CSMA 进程模型
Fig.4 CSMA process model

4 仿真分析

4.1 仿真参数设置

本仿真采用卫星通信系统中常用的 Ka 频段,具体仿真环境如表 1 所示。

表 1 仿真参数配置	
Table 1 Simulation parameter configuration	
仿真参数	设置值
上行频率/GHz	30
下行频率/GHz	20
仿真时间/s	2 400
种子数	128
分组长度/bit	1 024
分组生成间隔	e ¹⁵

4.2 仿真结果分析

4.2.1 吞吐量与网络负载的关系

吞吐量 S 与网络负载 G 的关系仿真结果如图 5 所示,通过 MATLAB 绘制公式(1)得到的理论结果如图 6 所示。通过公式(1)得到最大吞吐量的理论值为 0.538 2,而从图 5 中得到的仿真值约为 0.530 3,与理论结果基本一致。

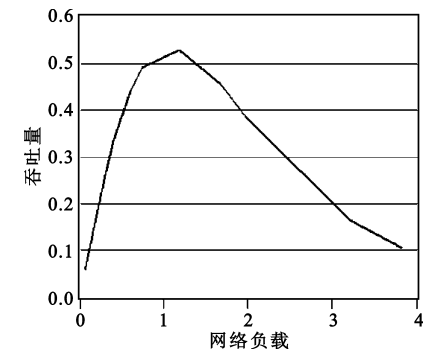


图 5 吞吐量 - 网络负载仿真结果图
Fig.5 Throughput - traffic simulation result

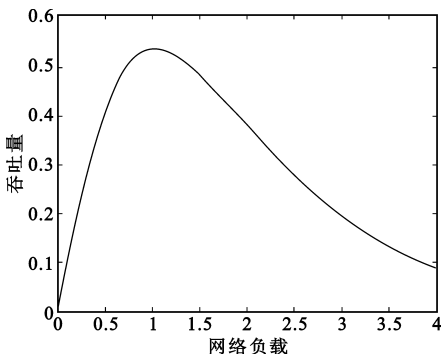


图 6 吞吐量 - 网络负载理论结果图
Fig.6 Throughput - traffic theoretical result

4.2.2 端到端时延

当地面站数量为 10 个时,仿真结果如图 7 所

示,得到的平均端到端时延约为1.245 2 s。为了进一步分析网络时延与用户数量的关系,本文又分别取地面站数量为 20、40、60 和 80 进行了仿真,结果如图 8~11 所示。从仿真结果可以看出,随着用户数量的增加,网络时延越来越大;而当用户数量达到 60 个时,网络时延出现了抖动;到用户数量为 80 个时,抖动已经相当明显。由此可以看出:CSMA 协议可以很好地应用于常规的临近空间通信网,而当用户数量很多时,需要对协议进行改进,以保证系统的稳定和较低的网络时延。

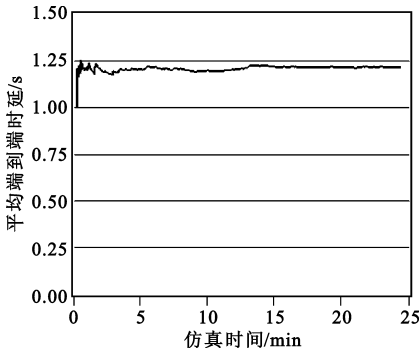


图 7 用户数取 10 时的平均时延
Fig.7 ETE delay when there are 10 users

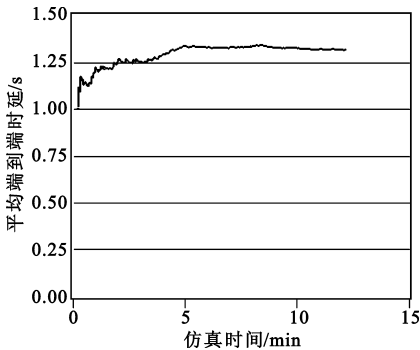


图 8 用户数为 20 时的平均时延
Fig.8 ETE delay when there are 20 users

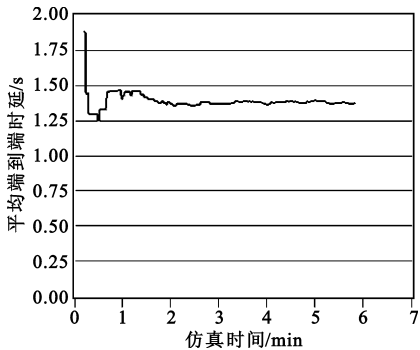


图 9 用户数为 40 时的平均时延
Fig.9 ETE delay when there are 40 users

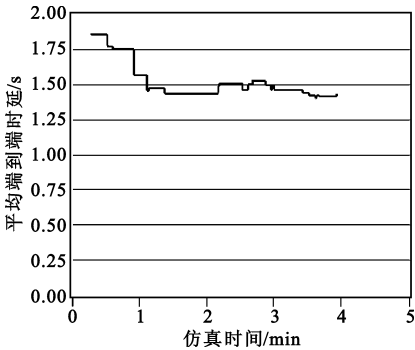


图 10 用户数为 60 时的平均时延
Fig.10 ETE delay when there are 60 users

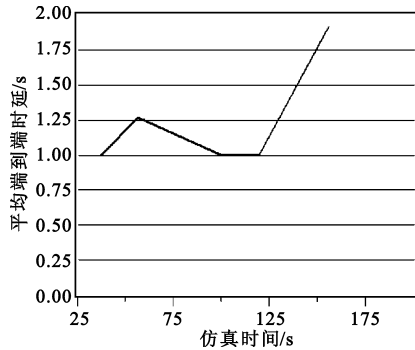


图 11 用户数为 80 时的平均时延
Fig.11 ETE delay when there are 80 users

5 结 论

针对随机变化的网络拓扑结构,本文提出将基于竞争机制的 CSMA 协议引入临近空间通信网。在对 CSMA 协议进行理论分析的基础上,建立了基于 CSMA 的临近空间通信网的 OPNET 模型。仿真分析了吞吐量与网络负载、平均端到端时延与用户数量之间的关系,可以看出,在常规的用户数量下,CSMA 协议能够保证较大的吞吐量和较低的端到端时延,从而可以很好地应用于临近空间通信网。下一步的工作是研究如何对协议进行改进,使网络在保证较高的系统利用率和较低的端到端时延的基础上,能够容纳更多的用户。

参考文献:

[1] 何彦峰.浅析临近空间平台的军事应用[J].国防科技,2007 (6):34-37.
HE Yan-feng. The Military Application of the Near-Space Platform[J]. National Defense Science and Technology,2007 (6):34-37. (in Chinese)
[2] 封孝生,刘德生,乐俊,等.临近空间信息资源访问控制策

- 略初探[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(12): 3702 – 3704.
- FENG Xiao – sheng, LIU De – sheng, LE Jun, et al. Exploration on Access Control to Near Space Information Resources [J]. Application Research of Computers, 2008, 25 (12): 3702 – 3704. (in Chinese)
- [3] 李建东, 盛敏. 通信网络基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- LI Jiang – dong, SHENG Min. Communication Network Elements [M]. Beijing: Higher Education Press, 2004. (in Chinese)
- [4] 朱子行, 梁俊, 赵辉. 基于 TDMA 的临近空间通信网 MAC 层协议仿真[J]. 电讯技术, 2009, 49(6): 19 – 22.
- ZHU Zi – hang, LIANG Jun, ZHAO Hui. Simulation of Multiple Access Protocol in Near Space Communication Network Based on TDMA[J]. Telecommunication Engineering, 2009, 49(6): 19 – 22. (in Chinese)
- [5] 陈敏. OPNET 网络仿真[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- CHEN Ming. OPNET Network Simulation[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004. (in Chinese)
- [6] 管明祥, 郭庆, 李陆. 基于临近空间通信网络混合业务的 MAC 协议[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2008, 36(5): 65 – 69.
- GUAN Ming – xiang, GUO Qing, LI Lu. MAC Protocol for Mixed Services in Near – Space Communication Network [J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2008, 36(5): 65 – 69. (in Chinese)
- [7] GUAN Ming – xiang, GUO Qing, LI Lu. A Novel MAC Protocol for Mixed Traffics in Communication Network in Near

Space[C]//Proceedings of the Second International Conference on Space Information Technology. [S. l.]: SPIE, 2007: 631 – 636.

作者简介:

全亚光(1984 –), 男, 河北大城人, 2006 年获空军工程大学工学学士学位, 现为硕士研究生, 主要研究方向为卫星通信和临近空间网络;

TONG Ya – guang was born in Dacheng, Hebei Province, in 1984. He received the B.S. degree in Communication Engineering from Air Force Engineering University in 2006. He is now a graduate student. His research interests include satellite communication and near space network.

Email: tongyaguang1984@163.com

梁俊(1962 –), 男, 江苏南京人, 教授、硕士生导师, 主要研究方向为微波与卫星通信;

LIANG Jun was born in Nanjing, Jiangsu Province, in 1962. He is now a professor and also the instructor of graduate students. His research interests include microwave and satellite communication systems.

朱子行(1985 –), 男, 浙江杭州人, 分别于 2007 年和 2010 年获空军工程大学工学学士及硕士学位, 现为博士研究生, 主要研究方向为卫星通信和临近空间网络。

ZHU Zi – hang was born in Hangzhou, Zhejiang Province, in 1985. He received the B.S. degree and the M.S. degree from Air Force Engineering University in 2007 and 2010 respectively. He is currently working toward the Ph.D degree. His research interests include satellite communication and near space network.