

基于 NS2 的 Walker 星座卫星网仿真的研究

林 萍,王汝传,徐小龙

(南京邮电大学 计算机科学与技术系 江苏 南京 210003)

摘 要:随着空间技术的发展和实时多媒体业务需求的增长,卫星网络成为当今通信研究的热点,因此掌握卫星网仿真的重要性不言而喻。分析了仿真软件 NS2 中卫星网仿真的一般方法,提出了一种基于开源 NS2 的 Walker 星座卫星网仿真平台的构造方法,并在该平台上实现了一种基于移动 Agent 的卫星网分布式路由算法。仿真结果表明该仿真平台具有良好的性能,能够满足基于 Walker 星座的卫星网动态路由算法的仿真。本研究有助于基于 NS2 的卫星网路由算法仿真平台构建的研究。

关键词:卫星网;NS2;Walker 星座;网络仿真

中图分类号: TN927

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)10-0189-04

Study of Satellite Networks Simulation in Walker Based on NS2

LIN Ping, WANG Ru-chuan, XU Xiao-long

(College of Computer Science and Technology, Nanjing University of Posts and
Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: With the development of space technology and the growth of multimedia service, the study of satellite networks has become an issue nowadays, so the mastery of network simulation tool is vital. Analyzes the method of simulation based on NS2 for satellite networks and proposes a simulation platform in Walker. What's more, a satellite routing algorithm based on mobile agent is carried on. The simulation result shows the platform is good enough to test the performance of routing algorithm based on Walker. This research is helpful to research on routing algorithm simulation platform construction based on NS2.

Key words: satellite networks; NS2; Walker; network simulation

0 引言

由于卫星网能满足个人、政府和社会大量的信息传输和交换^[1],使得卫星网的研究越来越多。在对卫星网进行的过程中,需要对卫星网络的性能进行测试和评价,一般可以通过数学分析、模拟实验^[2]和仿真的方法来进行,但卫星网拓扑结构复杂,整个卫星网络都在不断地变化和运动,因此用数学分析、模拟实验的方法比较困难,另外,上述两种方法实验的结果很容易受到实验参数设置和实验环境的影响,而网络仿真的方法通过建立仿真模型克服了上述的缺点。目前常用的仿真软件有 OPNET、BONeS、COMNETIII、NS2,前三种仿真软件价格昂贵,协议的添加和修改困难,而

NS2 作为一种免费的仿真软件,代码开放,能够方便地开发新协议和新模块^[3],使其成为网络仿真的一种强大的工具。

目前比较流行的星座类型有极地星座和 Walker 星座^[4],其中 Walker 星座被公认为最佳的全球覆盖星座,也是目前世界上用得最为广泛的一种全球覆盖星座设计方法,这使得 Walker 星座卫星网的研究得到广泛的关注。

文中介绍了 NS2 中卫星网络仿真的机制,详细分析了 NS2 中卫星网仿真的一般方法,介绍了基于 NS2 的 Walker 星座类型的卫星网仿真平台的构造方法,并利用 Walker 星座类型的卫星网仿真平台对一种基于移动 Agent 的卫星网分布式算法进行了模拟。

1 NS2 卫星网仿真的机制

1.1 NS2 的特点

NS2 是面向对象的,离散事件驱动的网络环境模拟器^[5]。NS2 只支持单线程,故在某一时刻只能有一个事件在执行,如果多于一个事件被安排在同一时刻,

收稿日期:2009-02-01;修回日期:2009-05-13

基金项目:国家自然科学基金(60573141,60773041);国家高科技863项目(2006AA01Z201);江苏省高技术研究计划(BG2006001);江苏高校科技创新计划项目(CX08B-085Z,CX08B-086Z)

作者简介:林 萍(1985-),女,福建泉州人,硕士研究生,研究方向为卫星通信网络技术。

那么会按照事件代码插入的先后次序执行。NS2 使用 C++ 和 Tcl 两种设计语言^[6], C++ 来实现具体的协议, Tcl 不需要编译, 用于模拟的配置, 两种语言通过 Tclcl 实现互操作。NS2 的机制使得仿真有相当的灵活性。NS2 仿真器封装了许多功能模块, 包括事件调度器、节点、链路、队列、代理、数据包头模块、差错控制模块、事件跟踪模块 trace 等^[7]。同时 NS2 还有其他的软件构成, 包括作为 Tcl 的图形界面开发工具、可帮助用户在图形环境下开发图形界面的 TK、可视化工具 gnuplot、xgraph 和 nam 等, 这些功能模块和软件构成使得用户可以很方便地搭建网络仿真平台, 进行网络协议的仿真。

1.2 NS2 中卫星网的仿真过程

当在 NS2 进行卫星网的仿真时, 首先要考虑该仿真过程所涉及是解释层还是编译层^[8]: 一是处于解释层, 只需用到 NS2 已有的网络仿真元素实现仿真, 使用其原有的路由算法, 那样只需要编写 Otcl 文件; 二是涉及到编译层, 例如需要改变 NS2 中路由算法, 编写自己的路由算法时, 就要修改 NS2 中 C++ 文件的代码, 对 NS2 重新编译, 然后编写 Otcl 文件对卫星网络进行配置。当仿真是上面的第二种情况时, 仿真过程如图 1。

1) 添加或修改 C++ 类。

(1) 如果是修改路由算法, 那只要修改 satroute 中的路由计算部分;

(2) 如果是添加新的包头, 只需定义新的包头和修改 packet.h 文件;

(3) 如果是添加新的协议, 跟 NS2 中一般添加协议的方法一样, 首先定义新协议包头部, 其次创建新协议代理, 接着修改 Makefile 文件。

2) 卫星网的建立: 选择 NS2 中已有的极地卫星系统如 iridium 卫星系统, teledesic 卫星系统等, 也可以根据自己的实际要求构造自己的卫星网络, 但构造时要

符合 NS2 中卫星网配置的原则。

3) 编写 Otcl 脚本: 对卫星链路的带宽、队列的长度等进行配置, 配置地面终端参数, 设置跟踪对象。

4) 运行和调试: 运行仿真文件, 对编写的程序进行调试, 可以使用 Tcl 调试器、Kdevelop 或 gdb 等工具进行调试排除 bug。

5) 测试: 进行测试的时候, 经常会引入背景流量。

6) 编写 awk 文件, 对 trace 的输出文件进行过滤, 得到所需要的数据, 一般是得到数据包转发的时延和丢包的数量。

7) 用 xgraph 或 gnuplot 画出 awk 的变化图。但在进行卫星网仿真时, NS2 并不支持 nam 动画, 但可以考虑使用 STK 进行动画的演示。

2 Walker 卫星网络仿真平台构造

与地面网络相比, 卫星网络有其自身的特点, 卫星网络中每颗卫星都沿着特定的轨道高速地运行, 它的拓扑结构时刻都在发生变化, 通信路径频繁地切换, 但却是有规律性和周期性的^[9], 而且是可以预测的, 因此 NS2 在卫星网仿真中继承了有线网络和无线网络仿真中的一部分的模块, 但卫星网仿真有着其独特的功能模块, 因此卫星网仿真平台的构造与其他网络有着许多不同的考虑因素。

2.1 Walker 星座卫星网的设计

Walker 星座由 $T/P/F$ 来描述, 其中 T 是卫星总数, P 是轨道数, F 是调相因子, 在 NS2 中通过建立一个球面坐标系 (R, φ, θ) , 把 Walker 星座的参数转化为球面坐标的参数进行计算, 则第 M 个轨道平面内第 N 颗卫星的参数为:

$$\varphi = \arcsin(\sin((M-1) * 2\pi F/T + 2\pi * P/T) * \sin\alpha)$$

$$\theta = (\beta + \arctan(\tan(\sin((M-1) * 2\pi F/T) * \cos\alpha))) \% 2\pi$$

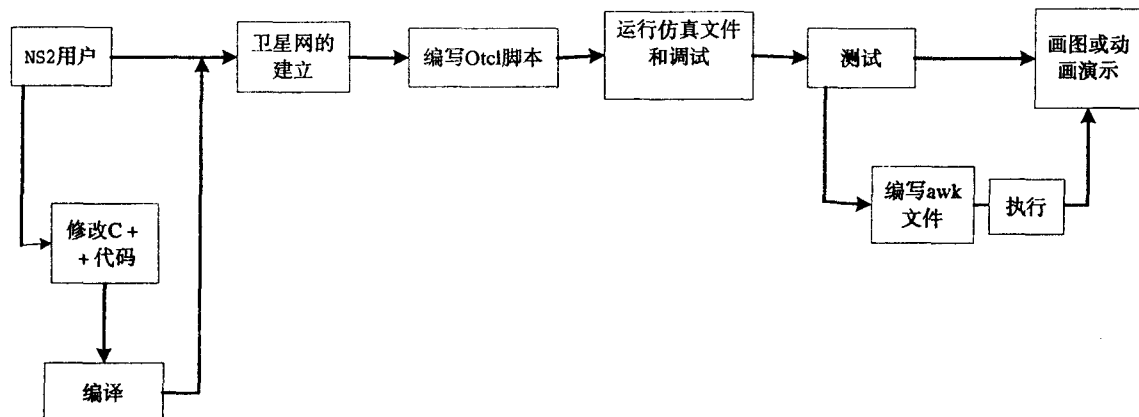


图 1 卫星网仿真过程

其中 $2\pi F/T$ 是指相邻两颗卫星在某时刻按 2π 取模后的角距离, α 为倾斜角, β 是 Walker 星座不同轨道的升交点经度, 从 0 度开始, $2\pi/P$ 等间隔。Walker 星座与 NS2 中已有的极地星座不同, 它的结构如图 2 所示, 值得注意的是, 在进行卫星网配置的时候, 相邻卫星节点的度数应相差 $2\pi F/T$ 。

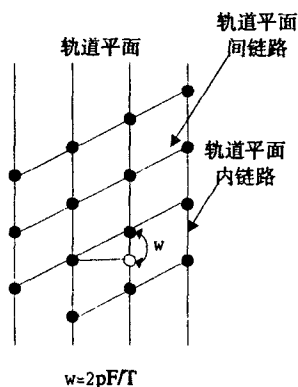


图 2 Walker 星座

2.2 Walker 星座卫星切换管理的设计

WalkerLinkHandoffMgr 负责链路的切换, 切换涉及的链路类型只有卫星的星地链路。当终端已落到卫星最小覆盖仰角下时, WalkerHandoffManager 会将终端与卫星间的链路断开, 同时寻找另一颗覆盖卫星。与极地星座卫星不同的是, 卫星间不存在越缝链路, 因此并不需要考虑卫星间链路的切换问题。

2.3 卫星节点的设计

卫星节点的设计如下:

(1)SatNode 对象: 定义卫星节点和地面节点, 负责为到达分组选择出口或链路, 分组由节点入口 entry_ 进入分类器, 由分类器来决定分组的出口。每个节点都包含一个或多个网络栈, 分组离开网络栈后就进入节点的入口。

(2)Satposition 对象: 定义了 Walker 星座卫星节点的高度、倾斜角、升交点的经度、卫星在轨道中的初始位置、卫星所在轨道的索引, 同时负责计算任意时刻卫星所处的位置。

考虑到地球的自转和卫星绕轨道不停的运动, t 时刻 Walker 星座卫星的经纬度为:

$$\text{Earth_longitude} = \text{Sat_rorate} + (t \% \text{Sat_period} / \text{Sat_period} + \text{Initial_lat}) * 2\pi$$

$$\text{Earth_latitude} = \pi/2 - \arcsin(\sin\alpha * \sin(t \% \text{Sat_period} / \text{Sat_period} + \text{Initial_lat}) * 2\pi)$$

$$\text{Sat_rorate} = \arctan(\cos\alpha * \tan(t \% \text{Sat_period} / \text{Sat_period} + \text{Initial_lat}) * 2\pi) + \text{Initial_lon}$$

其中 Sat_rorate 为卫星绕轨道运动经度的改变量,

Earth_period 为地球的自转一个周期的时间 86164s, Initial_lon 和 Initial_lat 分别为仿真初始时刻卫星的经度和纬度, r 为卫星高度和地球半径之和, 而卫星绕轨道一周时间 Sat_period 为 $2\pi\sqrt{r*r*r/398601.2}$ 。

(3)Satgeometry 对象: 负责获得卫星的传播时延, 用 check_elevation 函数判断是哪一颗卫星覆盖了地面终端, 同时判断两颗卫星是否可见。

2.4 卫星链路的设计

每一对卫星节点共享一条链路, 每颗卫星间的发送和接受端口连接不同的信道, 对应着相应的物理层对象。但地面节点与卫星节点连接时, 其发送和接受端口连接的是同一条信道, 其链路连接如图 3 所示。卫星上的有些链路的由于卫星的运动, 有时断开, 有时连接, 用 uplink_ 来判断卫星间是否有链路连接。

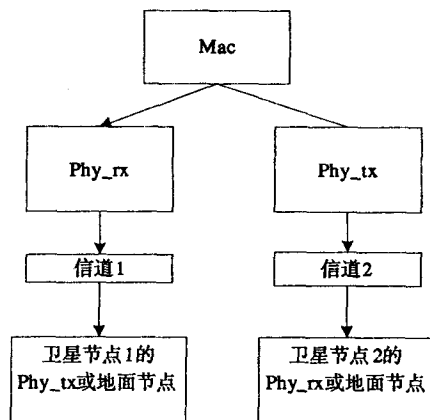


图 3 卫星链路

3 NS2 卫星网仿真实例

在极地 Iridium 星座^[10]和 Walker 星座卫星网仿真平台上, 模拟一种基于 Agent 的分布式路由算法。该算法中卫星每隔一定的时间间隔, 发送一个指定的前向移动 Agent 在卫星节点间迁移进行路由探测, 前向移动 Agent 迁移过程中, 将其在卫星节点间经历的路径和时延压入自身堆栈。每个分组根据卫星节点的路由表选择下一跳。

仿真配置: 选地面终端在南京 (纬度为 32.03 度, 经度为 118.46 度) 和地面终端在温哥华 (纬度为 49.16 度, 经度为 -123.07 度) 分别作为数据源, 这两点数据包发送的间隔为 20 秒, 实验的模拟时间为 24 小时。此时设置链路出口队列缓冲长度为 25, 设置极地区域的纬度为南北纬 70, 链路的带宽设置为 30Mb/s。图中横坐标表示分组号, 纵坐标表示时延 (单位为 s)。

模拟 1: 以极地 Iridium 星座为网络模型, 轨道高度为 780 千米, 6 个轨道平面, 每个轨道平面有 11 颗卫星 (如图 4 所示)。

模拟 2: 在 Walker 星座卫星网仿真平台进行模拟, 以 Courier 星座为网络模型, 轨道高度 800 千米, 8 个轨道平面, 每个轨道平面有 9 颗卫星, 倾斜角 84.7 度(如图 5 所示)。

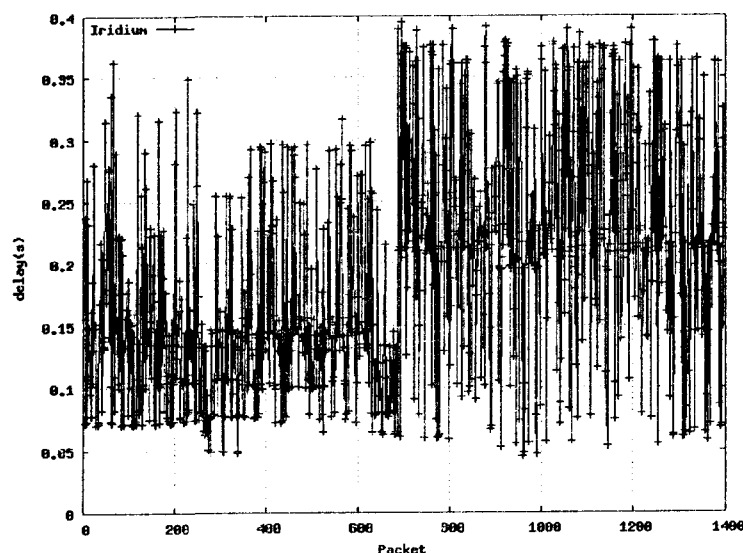


图 4 Iridium 星座

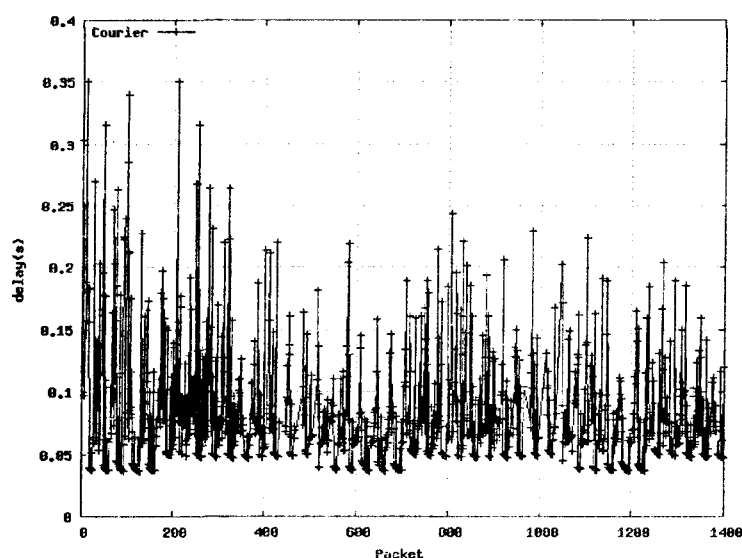


图 5 Courier 星座

实验结果分析: 由上面实验可以看到, Walker 星座由于不存在星间切换, 因此对于同一个算法来说, Walker 星座在分组时延的大小、时延的抖动方面明显优于极地星座。

4 结束语

NS2 源代码开放, 实验结果分析方便, 有较好的稳定性, 而且能方便地扩展功能模块, 适合很多卫星网路由协议的仿真。文中介绍了 Walker 星座卫星网络仿真平台的构造, 并对其进行了一定的改进, 同时分析了 NS2 中进行卫星网仿真的方法, 对利用 NS2 进行测试和评价 Walker 星座卫星网络的性能有一定的帮助。

参考文献:

- [1] Ekici E, Akyildiz I F, Bender M D. A Distributed Routing Algorithm for Datagram Traffic in LEO Satellite Networks[J]. IEEE/ACM Trans. Net., 2001, 9(2): 137-147.
- [2] 刘兼唐, 赵敏. 基于 ObjectAgent 的小卫星任务系统研究与仿真[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(4): 140-143.
- [3] 王鹏, 白建军, 卢泽新. 卫星网络协议的仿真与模拟技术研究[J]. 计算机工程与科学, 2004, 26(5): 4-6.
- [4] Walker J G. Continuous Whole Earth Coverage by Circular Orbit Satellite Patterns[R]. Royal Aircraft Establishment. Technical Report 77044 (UDC 629.195:527), 1977.
- [5] 黄俊俊, 郑善贤. 基于 NS 的移动网络仿真研究[J]. 微机发展(现更名: 计算机技术与发展), 2004, 14(5): 27-29.
- [6] 徐雷鸣, 庞博, 赵耀. NS 与网络模拟[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [7] 杨玉华, 刘培宁, 刘际炜, 等. NS-2 的仿真模拟技术分析[J]. 计算机工程, 2005, 31(15): 110-111.
- [8] 李向丽, 李磊, 陈静. 网络实验仿真与网络技术实践[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(3): 74-76.
- [9] Henderson T R, Katz R H. Network Simulation for LEO Satellite Networks[C]// In: Proceeding of 18th International Communication Satellite Systems Conference. Oakland, CA: [s. n.], 2000.
- [10] Brunt P. IRIDIUM: Overview and Status[J]. Space Commun., 1996, 14(2): 61-68.

(上接第 176 页)

- [5] Canard S, Gouget A, Traor J. Improvement of Efficiency in (Unconditional) Transferable E-Cash[C]// Mexico, In Financial Cryptography and Data Security'08, volume 4887 of LNCS. [s. l.]: Springer, 2008: 571-589.
- [6] Camenisch J, Michels M. A Group Signature Scheme with

Improved Efficiency [C] // Advances in Cryptology ASIACRYPT'98, Lecture Notes in Computer Science. [s. l.]: Springer-Verlag, 1998: 160-174.

- [7] Feige U, Lapidot D, Shamir A. Multiple non-interactive zero-knowledge proofs under general assumptions[J]. SIAM Journal on Computing, 1999, 29(1): 1-28.