

基于兴趣层次的 RTI 拥塞控制研究*

周忠⁺, 赵沁平

(北京航空航天大学 计算机学院,北京 100083)

Study on RTI Congestion Control Based on the Layer of Interest

ZHOU Zhong⁺, ZHAO Qin-Ping

(School of Computer Science and Technology, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

+Corresponding author: Phn: +86-10-82314209, Fax: +86-10-82317644, E-mail: zz@vrlab.buaa.edu.cn, <http://vrlab.buaa.edu.cn>

Received 2003-06-02; Accepted 2003-07-25

Zhou Z, Zhao QP. Study on RTI congestion control based on the layer of interest. *Journal of Software*, 2004,15(1):120~130.

<http://www.jos.org.cn/1000-9825/15/120.htm>

Abstract: The data explosion in large-scale distributed simulations cripples the performance of simulation and restricts the scalability and persistence. Because HLA (high level architecture) has inherent limitations to define the level of demands for data, RTI (runtime infrastructure) cannot utilize the simulation features effectively to make congestion control. The LOI (layer of interest) depicts the differences of demands for data in various receivers and provides a way to make some encouraging technologies feasible, such as QoS (quality of service), congestion control and layered DDM (data distribution management) strategy. In this paper, the LOI is combined into RTI's working mechanisms and a phase filtering based on the LOI is put forward to control congestions in RTI. Finally, experimental results are presented to demonstrate the efficient control over congestions in RTI using the LOI-based phase filtering, together with the critical data and transportation stability guarantee.

Key words: high level architecture; layer of interest; runtime infrastructure; congestion control; phase; data filtering

摘要: 大规模分布式仿真造成数据的爆炸性增长,极大地限制了仿真的规模化和持续性.因为高层体系结构 HLA(high level architecture)体系本身固有的缺乏对数据要求级别的定义,RTI(runtime infrastructure)不能充分利用仿真应用的特点进行拥塞控制.兴趣层次描述了不同的接收者对数据的需求差异,提供了一种引入 QoS(quality of service)、拥塞控制和层次化数据分发管理 DDM(data distribution management)等技术的基础.将兴趣层次理论应用到 RTI 的运行机制,提出了一种基于兴趣层次的相位过滤算法以进行运行时支撑环境 RTI 的拥塞控制.实验表明,基于兴趣层次的相位过滤算法对于控制 RTI 拥塞状况是有效的,同时具有关键数据和传输稳定性的保障.

* Supported by the National Grand Fundamental Research 973 Program of China under Grant No.2002CB312105 (国家重点基础研究发展规划(973))

作者简介: 周忠(1978—),男,江苏海安人,博士生,主要研究领域为仿真和分布式系统;赵沁平(1948—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为虚拟现实,可视化,人工智能.

关键词: 高层体系结构;兴趣层次;运行时支撑环境;拥塞控制;相位;数据过滤

中图法分类号: TP393 文献标识码: A

高层体系结构 HLA(high level architecture)在 2000 年正式成为 IEEE 1516 标准,并得到普遍遵循,是建模和仿真事实上的标准.HLA 包括 3 个部分:框架和规则、联盟接口规范以及对象模型模板^[1],RTI(runtime infrastructure)则是实现了联盟接口规范的 HLA 核心支撑软件,它对整个联盟执行的可扩展性、持续性和仿真效率有着重要影响.受美国国防部大力支持,HLA 得到了广泛的应用和推广,尤其是在军事仿真方面取得了 STOW,J9901,AO00,MC02^[2,3]等一系列大规模分布式演练的成功,为国际仿真界所瞩目.

然而,随着 HLA 体系在仿真界的普遍研究和应用,越来越多的仿真应用系统要求良好的可扩展性和理想的系统效率,HLA 体系也暴露出一些缺陷,完全遵守 HLA 规范很难达到令人满意的要求.能否牺牲一些可以接受的代价将过滤效率进一步提高、过滤策略动态调整是仿真研究者进一步研究的领域之一.从 2000 年开始,逐渐出现了为提高仿真应用的规模化和持续性而尝试对 HLA 扩展或修改的研究,其中尤以引入 QoS(quality of service)进行 RTI 拥塞控制被视为一项重要内容,在基本问题——如何以有效的手段对分布式仿真的事件进行分类和定义方面开始了一些探索.

本文首先概述兴趣层次^[4],然后给出分布式仿真中拥塞的特点,介绍相关的拥塞控制技术,在此基础上设计了 DVE_RTI 基于兴趣层次的拥塞控制.实验结果表明,基于兴趣层次的 RTI 拥塞控制在保障高层仿真应用的基础上有效地提高了过滤效率,减轻了网络和主机负载.

1 仿真的兴趣层次

兴趣技术是分布式仿真包括 HLA 系统进行数据过滤的基本手段,相关的概念出现了很多,先后有兴趣管理、兴趣表达、兴趣过滤、感兴趣区域等^[5],但是到目前为止的各种文献资料大多仅限于描述,还没有统一的明确定义.20 世纪 90 年代,NPSNET 研究组的核心成员 Katherine Morse 在其博士论文^[5]中把兴趣管理称为一个表述将接收信息减少为较小相关集合问题的概念,感兴趣区域为仿真应用程序关于位置和其他应用相关属性的感兴趣的数据,而兴趣表达则是仿真应用程序要进行正确交互所需要接收数据的描述.文献[6]中仿真实体的兴趣被表达为仿真应用程序对本地的仿真实体需要什么样的数据的描述.兴趣层次是在兴趣技术基础上结合仿真特点的一种发展.

1.1 兴趣层次

分布式仿真中的仿真事件,对于不同的接收者存在着不同的重要性和频率要求、数量等,而 HLA 作为分布式仿真的体系结构,无论是在接口定义、还是在对象模型的描述上都没有把这种基本属性反映出来,对消息传输可靠性、实时性的描述不足,只是粗粒度地定义了仿真应用中的消息传输的类型,这也导致不能就仿真应用中的各种消息传输质量以及对消息处理的服务质量进行控制或将它们作为参考标准,因此降低了仿真的效率,造成 RTI 的负载无法自适应地减轻.缺乏对这种服务质量的描述,RTI 很难进行拥塞控制.

兴趣层次是基于以上的认识在现有兴趣内涵上的增加:仿真应用程序作为兴趣主体对目标的兴趣在维上具有层次性的显著变化,这叫做兴趣层次.兴趣层次的概念是兴趣的一种仿真属性,它是对真实世界的一些约束条件的抽象,添加到 HLA 体系中,进一步缩小了分布式仿真的外延,可以更好地支持各种传输和服务策略.

1.2 兴趣层次的定义标准

为了更清晰地在下面对兴趣层次相关参数进行使用,此处给出兴趣层次的一些相关符号定义:

定义. i 为对象实例的类句柄, m, j, k 为属性集的大小, o 为对象实例句柄. m 是全属性集的大小,通常是在 FOM(federation object model,联盟对象模型)里面所定义的大小, j, k 是其子属性集的大小,这里用以代表某发布属性集和订购属性集的大小.

令 $S_{i,m}$ 为订购对象类 i 的 m 大小属性集的兴趣层次.

令 $I_m^{(i)}$ 为发布对象类 i 的 m 大小属性集的兴趣层次.

令 $P_j^{(i)}$ 为发布对象类 i 的 j 大小子属性集的兴趣层次.

令 $S_k^{(i)}$ 为订购对象类 i 的 k 大小子属性集的兴趣层次.

令 $s_k^{(i,o)}$ 为订购对象类 i 的对象实例 o 的 k 大小子属性集的兴趣层次.

在兴趣层次定义中,兴趣被分为 5 个层次,发布对象属性的更新方和订购对象属性的接收方分别工作在特定的层次 $I_m^{(i)}$ 和 $s_k^{(i,o)}$,而属性更新数据报文携带对报文属性集的兴趣层次的标记 $P_j^{(i)}$. $P_j^{(i)}$ 表征着重要性程度,而 $I_m^{(i)}$ 和 $s_k^{(i,o)}$ 则表征着兴趣细节程度.这 5 个层次分别是: *LAYER_CRITICAL*, *LAYER_VISION*, *LAYER_ABOUT*, *LAYER_COMPONENT* 和 *LAYER_INSIDE*.兴趣层次的定义是与对象类别以及属性值相关的,因此在面向 HLA 的应用中,自然地补充进声明管理 DM(declaration management)和数据分发管理 DDM(data distribution management)中.

图 1 是在维上的兴趣层次定义示例,属性具有自身的兴趣层次类别,如位置信息 x,y,z 这些属于最普遍的信息,通常被定义为 *LAYER_VISION*,而速度信息 vx,vy,vz 这些属于细节一些的信息,被定义为 *LAYER_ABOUT*,进一步特殊应用的传输要求依此类推进行分类.同时,属性值的匹配定义了进一步的过滤条件,与 HLA 标准定义的数据分发管理相比,兴趣层次扩展定义了隐含的区域,如 $[a_{lower}, a_{upper})$ 作为应用程序订购常规信息的区域,被视为处于 *LAYER_ABOUT*,则隐含的 *LAYER_VISION* 被限定在区域

$$[b_{lower}, b_{upper}) = \left[\frac{-(EXTEND - 1) \times a_{upper} + (EXTEND + 1) \times a_{lower}}{2}, \frac{(EXTEND + 1) \times a_{upper} - (EXTEND - 1) \times a_{lower}}{2} \right),$$

EXTEND 是由用户定义的扩展参数.*LAYER_COMPONENT* 和 *LAYER_INSIDE* 类似,由用户所初始设定的一些参数所定义.

兴趣层次的划分使 RTI 可以在有限的资源条件下评估数据报文对 HLA 应用程序的重要性,进行取舍,在尽可能不影响应用程序的仿真逼真性、正确性和一致性的基础上进行拥塞控制,因为相关内容都已经其他文献中进行了论述,此处不再赘述,有关兴趣层次的更详细的定义和计算方法请参考文献[4].

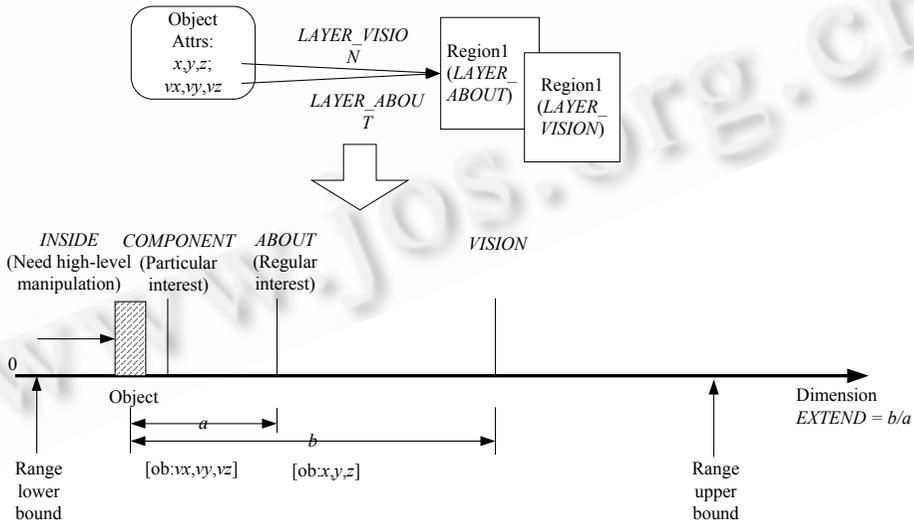


Fig.1 Illustration of the layer of interest in one dimension

图 1 维上的兴趣层次定义示例

2 分布式仿真中的拥塞

分布式仿真中产生的数据量随着仿真规模的增大快速增长,在分布式模式下,每两个节点之间都会产生一定的通信量,数据量和规模的增长是非线性的关系,广播方式下通信连接数为 $C_n^2 = n(n-1)/2$,通信量甚至可能会呈平方级急剧增长.在大规模仿真中,拥塞是普遍存在的.但是,分布式仿真中的拥塞与传统网络通信中的拥塞是有区别的.

2.1 拥塞发生位置

网络拥塞主要发生于包交换机或路由器.

在分布式仿真中除仿真过程本身对系统资源要求较高以外,HLA 应用程序需要在时间推进过程中定期地对一定时间内接收到的存于缓冲区内的属性更新或交互数据进行处理,这就限制了主机节点处理各种接收数据的速度,因此分布式仿真中的拥塞通常首先是发生在主机节点,在仿真数据量很大的情况下网络拥塞也同时存在.这是分布式仿真中拥塞的基本特点.

2.2 组播拥塞

为了适应大规模仿真的需要,DVE RTI 以及其他大多数面向大规模分布式仿真应用的 RTI 都是基于组播通信的,因此分布式仿真中的组播拥塞控制成为一个重要的研究内容.

大规模分布式仿真中组播通信有如下两个主要特点:

- (1) 尽力组播为主,可靠组播大部分时间比例小,总流量大.
- (2) 占用大量的组播地址,是多对多的组播通信.

目前,组播的拥塞控制研究大多应用在多媒体的流传输领域,是基于端到端的一对多组播拥塞控制.如何以端到端的角度解决多对多的拥塞控制,存在很大的难度,目前国际上还没有有效的解决方案.

分布式仿真是一种典型的多对多组播通信应用,组播报文对传输的延迟往往比较敏感.不能把应用的传输速率降得太低,报文的传输延迟控制应在可接受的范围之内,过时的报文对仿真应用没有价值.尽力组播可靠性要求较低,而某些关键数据可靠性要求较高.

这和网络通信中的拥塞控制参数存在着一定的差异,基于窗口的拥塞控制中发送端任务复杂,为每个接收端维护拥塞窗口,需要应用一些算法来避免反馈爆炸;基于速率的拥塞控制吞吐量受瓶颈接收端的限制,会降低接收端的带宽利用率^[7].

2.3 拥塞控制

大规模分布式仿真中数据的可靠性受拥塞程度的影响很大,RFC 2502 在第 6 页认为,在大规模仿真应用中,现有的可靠组播协议都不具备充分的拥塞控制能力来保障数据的可靠性^[8].由于 STOW 级别的战术演习中即使是可靠传输的数据都有可能引起拥塞而造成网络灾难性崩溃,美军进行军事演习时使用的 RTI-s 基于 HLA 1.x 规范有针对性修改,并且在演习中没有使用可靠传输方式^[2].在 MC02 中使用的 RTI-NG 同样进行了专门的修改^[3],文献[9]通过测试认为,RTI-NG 只能支持 UV 2001 这种中等规模的演练,不可能支持 J9901 和 AO 2000 等大规模演练,修改后的 RTI-NG 接口和功能与 HLA 标准有一定的差异,受其公布的资料所限,这些差异还不能具体一一指出,但是从文献[9]可见,大数据量的拥塞应是其主要解决的问题.完全遵循 HLA 规范的仿真应用不能很好地进行拥塞控制,这也是大规模分布式仿真所面临的困境之一.

如前文所述,引入 QoS 进行拥塞控制是近年来研究的一项重要的新内容,但因为 HLA 体系本身固有的缺乏对兴趣要求级别的定义,无法根据应用特点进行 QoS 分类.如何合理地对 HLA 进行尽可能小的扩展或修改,提供一种 QoS 分类以适应仿真应用的要求,这是拥塞控制研究的瓶颈.

Zhao,H 和 N.D. Georganas 提出了可以定义操作系统和网络性能参数等系统资源来进行 QoS 的方法,以对 HLA 进行实时性方面的扩展^[10].

Litton-TASC 公司(www.tascnets.com)提出了应用活动网络(active networks),试图增强网络传输和进行基于

优先级的拥塞控制,对 HLA 仿真应用进行限定和要求^[11]以使用新的网络功能来增强 DDM 过滤效率.它将属性更新数据分为高优先级和低优先级两类数据,以进行流传输,活动网络则根据这种优先级来进行其路由点的拥塞控制,优先级由用户根据应用来设定^[12].这也是到目前为止少数得到应用的基于仿真特点的拥塞控制研究.

兴趣层次提供了在属性类别和值两个层次上的划分手段,从而确定的类别不是一种直接的优先级区别,相应的传输级别是在声明管理和数据分发管理的基础上由发布方、订购方和属性更新的兴趣层次在收发端分别确定的,不能由任何一方单独确定,而且收发端的级别计算是不同的,以适应不同接收者对数据需求的差异.

3 基于兴趣层次的 RTI 拥塞控制

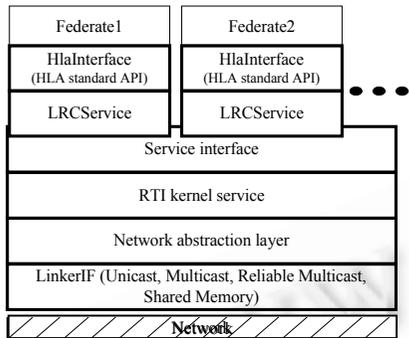


Fig.2 Part of DVE_RTI 2.0 architecture
图2 DVE_RTI 2.0 部分体系结构

DVE_RTI 是由北京航空航天大学虚拟现实研究所 (<http://www.vrlab.buaa.edu.cn>)研究和开发的 RTI 软件,主要设计原则是实用、高效,DVE_RTI 2.0 将 DVE_RTI 分为弱关联的多个运行模式,图 2 是 DVE_RTI 2.0 软件体系结构的用户模式和服务模式.这个版本的主要特点之一就是引入了兴趣层次进行层次化 DDM 和 RTI 拥塞控制.LinkerIF 模块对各种网络传输方式,包括点播、组播、广播、可靠组播和网络共享内存等进行了封装,在网络抽象层 NAL(network abstraction layer)进行基于兴趣层次的拥塞控制.NAL 层的主要功能是组地址分配管理、各类通道管理以及拥塞控制.限于篇幅,关于兴趣层次的引入和计算方法此处不再赘述,本节重点介绍位于 NAL 层的 RTI 拥塞控制的实现机制.

3.1 实现机制

在实际仿真应用中,一些实体部件的状态会持续、频繁地进行更新,如直升机的螺旋桨、尾桨等,导致网络和订购了该类属性的 HLA 仿真应用程序承担极大的不必要负载,这类属性更新的速度大大超过普通的属性更新,从兴趣层次的观点来看,在发布方属于基础程度低兴趣层次,在订购方则属于兴趣细节程度高的兴趣层次.根据兴趣层次定义的特点,我们可以把这些属性定义在不同的兴趣层次,并设定对应不同的兴趣层次以不同的标准更新率.这些定义在 OMT 制定的时候完成,参见文献[4].

DVE_RTI 2.0 的物理通信分为多个 PDU(protocol data unit,协议数据单元)通道,包括联盟信息通道、声明管理通道、对象管理通道、数据通道等.其中数据通道由于负担了属性更新、交互等数据 PDU 的传输,占据了绝大部分的网络流量.基于兴趣层次的拥塞控制被用来对数据通道进行管理和控制.

拥塞发生时,各发送方主动根据兴趣层次降低更新速率,接收方也根据自己的兴趣来调整接收速率,进行选择性丢包,由于兴趣层次的界定,这种速率的调整对于高层仿真应用没有影响,因此在系统可接受的范围内降低了主机和整个网络的负载,从而达到控制拥塞的目的.这是一种应用层组播的拥塞控制机制.

3.2 过滤数据结构定义

InstanceLayerRecord 是 NAL 用于兴趣过滤的主要数据结构,其定义如下:

```
typedef struct {
    U32 handle;           //实例句柄
    LayerValue layer;     //兴趣层次,  $I_m^{(i)}$  (发布方)或  $s_k^{(i,o)}$  (订购方)
    U32 timeStamp;       //上次统计结束的时间戳
    int count;           //总个数
    float para;          //过滤参数
    int number;          //过滤相
    float v;             //实时更新率
    U32 groupHandle;     //组地址 ID
```

} instanceLayerRecord;

3.3 数据通道过滤逻辑

数据通道占据了大部分网络流量,在大规模联盟执行中有时甚至高达 90%以上.当拥塞发生时,事件队列发生持续性增长,传输延迟显著加大,tick()调用的间隔也将显著增大,时间推进越来越慢.这时候,NAL 就对数据通道进行过滤和控制,启用拥塞控制.

图 3 是 NAL 层基于兴趣层次的过滤逻辑,在拥塞发生时,主机进行发送和接收的兴趣过滤,发送方过滤可以减轻网络拥塞,而接收方过滤则是进一步减轻主机拥塞.当大规模拥塞出现时,多发送方进行拥塞控制,这样可以解决分布式仿真中多对多组播的拥塞问题.

当 $P_j^{(i)} > s_k^{(i,o)}$ 时,属性更新数据的基础程度超过了接收方所要求的兴趣细节要求,将直接被过滤.

当 $P_j^{(i)} \leq s_k^{(i,o)}$ 时选择性丢包,采用相位过滤机制.

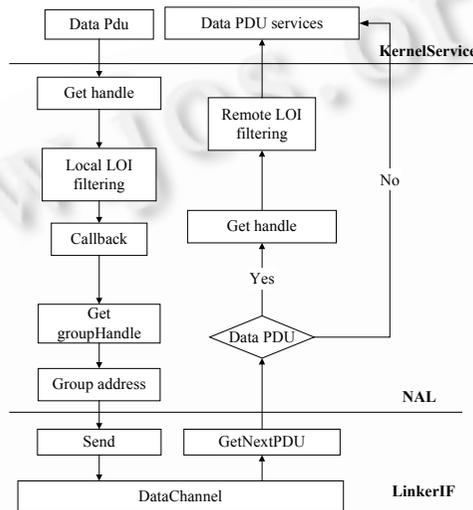


Fig.3 Filtering logic based on the LOI in NAL

图 3 NAL 基于兴趣层次的过滤逻辑

3.4 定义

我们先给出一些定义,以阐述基于兴趣层次的相位过滤机制.

令 l 为兴趣层次,即 $I_m^{(i)}$ (发布方)或 $s_k^{(i,o)}$ (订购方);

令 τ_s 为数据更新速率统计周期;

令 τ 为过滤周期;

令 v 为实时数据更新速率, $v = \frac{\tau_s}{\Delta t} = \frac{\tau_s}{t - t_0}$, 其中 t_0 为速率统计开始时间, t 为速率统计结束时间;

令 v_0 为 l 兴趣层次的理想数据更新速率,有 $v_0 = f(l)$;

令 N 为每个过滤周期内数据 PDU 的个数,此处定义 $N = \tau$;

令 n 为一个过滤周期内被选择保留的数据 PDU 个数,也就是说,每 N 个数据 PDU 中有 n 个被提供给 KernelService 模块;

令 φ 为相位,设 $\varphi = i \% N, i = InstanceLayerRecord.number$;

令 $\Delta\varphi$ 为相位差;

令 η_0 为请求的通过比例;

令 η 为实际的通过比例.

有如下要求:

$$v > v_0 .$$

3.5 相位过滤机制

分布式虚拟环境中的过滤技术研究很多,但是过滤算法却鲜有提及.相位过滤机制是一种计算保留数据报文的相差,以达到报文过滤公平性的算法.它根据实时的数据速率和理想的数据速率计算出相差,从而选择那些具有合适相位的数据报文.

理想的数据保留比例为

$$\eta_0 = \frac{v_0}{v} \quad (1)$$

在每个过滤周期 τ , 令相位 $\varphi = 0$ 作为周期的起始点.可以得到,

当 $n=1$ 时,合适的相位为 $\varphi = 0$, 因此 $\Delta\varphi = \frac{\tau}{1} = \tau$;

当 $n=2$ 时,合适的相位为 $\varphi = 0, \frac{\tau}{2}$, 因此 $\Delta\varphi = \frac{\tau}{2}$;

...

当 $n=i$ 时,合适的相位为 $\varphi = 0, \frac{\tau}{i}, \dots, (i-1)\frac{\tau}{i}$, 期望的过滤效率

$$\eta = \frac{i}{N} \quad (2)$$

因此

$$\Delta\varphi = \frac{\tau}{i} \quad (3)$$

期望:

$$\eta \approx \eta_0 \quad (4)$$

从式(1),(2),(4)可以得到

$$i = N \cdot \eta \approx N \cdot \eta_0 = N \cdot \frac{v_0}{v} \quad (5)$$

根据式(3)、式(5),

$$\Delta\varphi = \frac{\tau}{i} = \frac{\tau}{N} \cdot \frac{v}{v_0} = \frac{v}{v_0} \quad (6)$$

据此我们可以得到一个周期内的过滤后序列:

$$0, \frac{v}{v_0}, 2 \cdot \frac{v}{v_0}, \dots, (i-1) \cdot \frac{v}{v_0} .$$

number 为整数,取整后为

$$0, \left[\frac{v}{v_0} \right], \left[2 \cdot \frac{v}{v_0} \right], \dots, \left[(i-1) \cdot \frac{v}{v_0} \right] .$$

4 实验方案

为了验证拥塞控制的实际应用效果,进行了如下实验,实验时间:2003-5-28 10:00AM.

实验网络环境:Extreme Summit 48,PIM 组播协议,100M 以太网.主机配置见表 1.

Table 1 Hardware configuration in congestion control experiments**表 1** 拥塞控制实验主机配置表

Role	Host ID	Host platform	CPU (MHz)	Memory (MB)	OS
Receiver	R1	PC	Celeron 1.7G	256M	Win2000 professional
Sender 1	N1	PC	P3 1G	256M	Win XP
Sender 2	N2	PC	P4 1.7G	512M	Win2000 professional
Sender 3	N3	PC	P3 733	128M	Win2000 professional
Sender 4	N4	PC	P3 733	256M	Win2000 professional
Sender 5	N5	PC	P3 667	256M	Win XP

发送方 N1~N5 各模拟了 200 个对象实例,其中 100 个是 *LAYER_ABOUT* 层,100 个是 *LAYER_VISION* 层;每个对象实例同时有一定通信量的关键数据,设置它和发送前普通数据的比例为 1:5,即处于 *LAYER_CRITICAL* 的数据占发送前总数据通信量的 1/6.

我们进行了存在拥塞控制和不存在拥塞控制不同机制下的实验.其他相关设置如下:

- 1) 设置 *LAYER_ABOUT* 层 $v_0 = 20$, *LAYER_VISION* 层 $v_0 = 5$.
- 2) 为了更好地模拟实际的仿真运行情况,数据通道以外的其他管理通道维持总计约每台主机 40 PDUs/s 的发送通信量,作为其他服务正常工作的模拟.
- 3) 每个属性为 8 个字节,使用的属性个数分别为 10,60 和 110,因此,对应的 PDU 长度分别为 112,512 和 912 个字节.
- 4) 数据通道采用组播通信,所有通信都使用了一个组播地址.发送方不接收数据.
- 5) $\tau_s = 200$; $\tau = 10$.

5 实验结果

实验结果如图 4~图 9 所示,这里考虑到应用程序的实际仿真意义,速率使用每秒数据报文数来表示,这样可以对对应到属性的更新和反映速率,直观地作为高层应用的参考.

从图 4(c)、图 5(c)、图 6(c)、图 7(c)可以看出,拥塞控制后,NAL 传输受数据报文长度影响并不大,各活动状态的对象发送和接收的速率曲线基本重合,更新率得到了保证,关键数据的传输也基本得到了保证.发送方的网络传输量降低明显,拥塞得到了有效的控制.

在如图 8 所示的接收方总速率对比的曲线中,发送方不作控制,在 PDU 长度为 112 字节的时候,接收方要接收甚至高达 30 000PDUs/s 以上的数据速率,这个量级对于高层应用来说是无法处理的.在 PDU 长度为 912 字节大小的时候,接收方底层能够接收的大约只是 10 000PDUs/s 左右的数据速率.拥塞控制后接收方可以很好地处理 5 个发送者的大量数据,各对象的更新率也有保证,采样的各类对象速率相当平稳,网络总流量也比较平稳.

图 9 是无拥塞控制情况下的收发端对象更新,对其收发端的更新和反映进行对比,当 PDU 长度为 112 字节的时候下降还不明显,当 PDU 长度增大到 912 字节时,丢包现象极为严重,关键数据接收速率几乎接近于 0,不进行拥塞控制,对象的更新得不到保证.

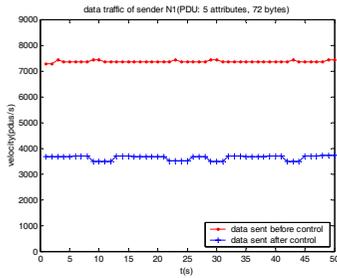
图 4(a)、图 5(a)、图 6(a)、图 7(a)的发送方控制效果表现出,发送方可以对高达 8 000PDUs/s 的流量进行拥塞控制,在 200 个活动状态的对象实例正常更新的情况下,各个实例的数据有稳定的可靠数据 (*LAYER_CRITICAL*)保证.

总的来说,从实验结果可以看出,进行拥塞控制之后,NAL 可以正常处理至少 1 000 个处于活动状态的实例更新数据,并且其更新率是实时有效的;关键数据发送和接收速率基本一致,说明拥塞控制之后关键性数据的保障得到了提高.因此,基于兴趣层次理论通过相位过滤机制进行的拥塞控制为高层应用提供了较好的数据保证,数据传输稳定,实时性要求也基本符合预先设定的要求.

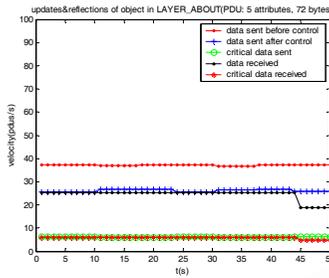
6 结束语

本文基于兴趣层次提出和实现了 RTI 拥塞控制,这对于分布式仿真的规模化和持续性具有重要作用.研究了分布式仿真中拥塞的特点和拥塞控制应用的难点,在此基础上设计了 DVE_RTII 基于兴趣层次的拥塞控制,提

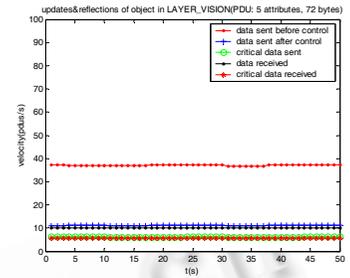
出了相位过滤算法.实验结果表明,兴趣层次理论对于 HLA 标准的补充和大规模分布式仿真的进一步研究和发
展具有理论和实践意义.



(a) 200 active objects with 5 attributes,
data traffic in N1
(a) 200 个活动对象,5 个属性,
N1 的数据通信量

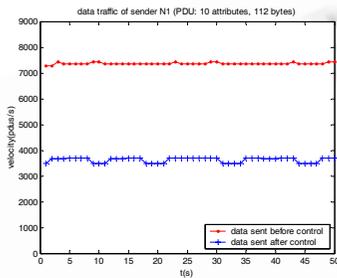


(b) N1's object in LAYER_ABOUT
(b) N1 的 LAYER_ABOUT 层对象

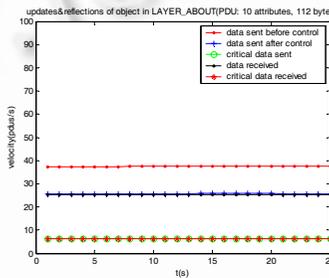


(c) N1's object in LAYER_VISION
(c) N1 的 LAYER_VISION 层对象

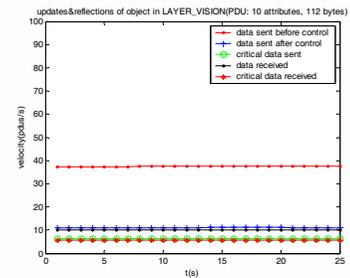
Fig 4
图 4



(a) 200 active objects with 10 attributes,
data traffic in N1
(a) 200 个活动对象,10 个属性,
N1 的数据通信量

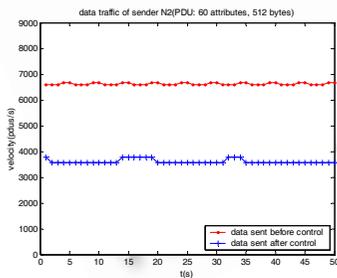


(b) N1's object in LAYER_ABOUT
(b) N1 的 LAYER_ABOUT 层对象

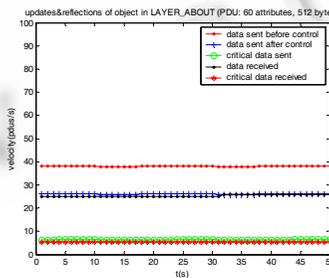


(c) N1's object in LAYER_VISION
(c) N1 的 LAYER_VISION 层对象

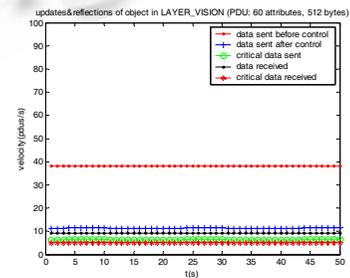
Fig 5
图 5



(a) 200 active objects with 60 attributes,
data traffic in N2
(a) 200 个活动对象,60 个属性,
N2 的数据通信量

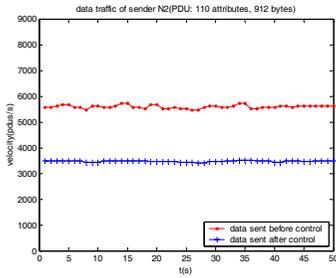


(b) N2's object in LAYER_ABOUT
(b) N2 的 LAYER_ABOUT 层对象

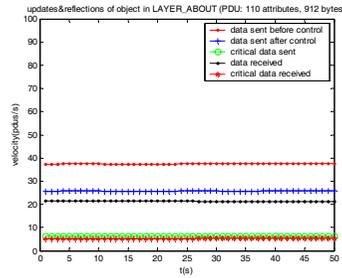


(c) N2's object in LAYER_VISION
(c) N2 的 LAYER_VISION 层对象

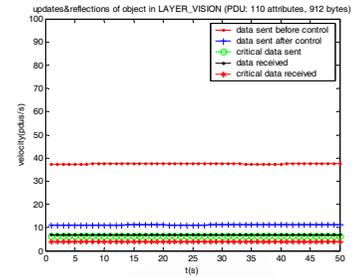
Fig 6
图 6



(a) 200 active objects with 110 attributes, data traffic in N2
 (a) 200 个活动对象,110 个属性, N2 的数据通信量



(b) N2's object in LAYER_ABOUT
 (b) N2 的 LAYER_ABOUT 层对象



(c) N2's object in LAYER_VISION
 (c) N2 的 LAYER_VISION 层对象

Fig.7
 图 7

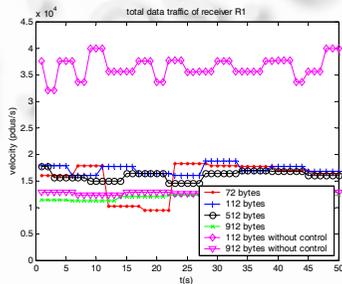


Fig.8 Data traffic of receiver R1
 图 8 接收方 R1 数据通信量

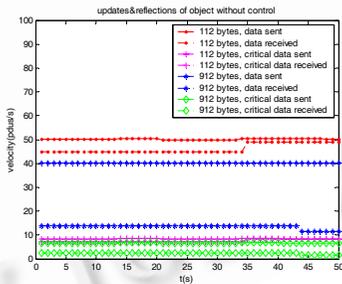


Fig.9 Update velocity of N2's object without control
 图 9 无拥塞控制情况下 N2 对象的更新速率

References:

- [1] Simulation Interoperability Standards Committee (SISC) of the IEEE Computer Society. IEEE standard for modeling and simulation (M&S) high level architecture (HLA)—IEEE std 1516-2000, 1516.1-2000, 1516.2-2000. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2000.
- [2] Helfinstine B, Wilbert D, Torpey M, Civinskas W. Experiences with data distribution management in large-scale federations. In: Proc. of the Fall Simulation Interoperability Workshop. Orlando, 2001. <http://www.sisostds.org/siw/01fall/index.htm>
- [3] <http://www.jfcom.mil/newslink/photolib/mc02/index.htm>
- [4] Zhou Z, Zhao QP. Extend HLA with layered priority. In: Proc. of the Spring Simulation Interoperability Workshop. Orlando, 2003. <http://www.sisostds.org/siw/03spring/index.htm>
- [5] Morse KL. An adaptive, distributed algorithm for interest management [Ph.D. Thesis]. Irvine: University of California, 2000.

- [6] Zhao QP. DVENET Distributed Virtual Environment. Beijing: Science Press, 2002 (in Chinese).
- [7] Shi F, Wu JP. A survey on multicast congestion control. Journal of Software, 2002,13(8):1441~1449 (in Chinese with English abstract). <http://www.jos.org.cn/1000-9825/13/1441.pdf>
- [8] Pullen M, Myjak M, Bouwens C. Limitations of Internet protocol suite for distributed simulation in the large multicast environment. RFC 2502, 1999.
- [9] Torpey M, Wilbert D, Helfinstine B, Civinskas W. Experiences and lessons learned using RTI-NG in a large-scale, platform-level federation. In: Proc. of the Spring Simulation Interoperability Workshop. Orlando, 2001. <http://www.sisostds.org/siw/01spring/index.htm>
- [10] Zhao H, Georganas ND. HLA real-time extension. In: Titsworth FM, ed. Proc. of the 5th IEEE Int'l. Workshop on Distributed Simulation and Real Time Applications. Cincinnati, 2001. 12~21.
- [11] Dorsch MD, Skowronski VJ. Modifying the RTI for active networks. In: Proc. of the Spring Simulation Interoperability Workshop. Orlando, 2001. <http://www.sisostds.org/siw/01spring/index.htm>
- [12] Zabele S, Stanzione T. Interest management using an active networks approach. In: Proc. of the Spring Simulation Interoperability Workshop. Orlando, 2000. <http://www.sisostds.org/siw/00spring/index.htm>

附中文参考文献:

- [6] 赵沁平. DVENET 分布式虚拟环境. 北京: 科学出版社, 2002.
- [7] 石锋, 吴建平. 组播拥塞控制综述. 软件学报, 2002, 13(8): 1441~1449. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/13/1441.pdf>

第 4 届中国信息和通信安全学术会议(CCICS 2005)

征 文 通 知

中国信息和通信安全学术会议(CCICS)是国际信息和通信安全学术会议(International Conference on Information and Communications Security, 简称 ICICS)的地方版, 已成功举办了 3 届, 第 1 届中国科学院信息安全技术工程研究中心主办, 于 1999 年 12 月召开; 第 2 届由上海交通大学计算机学院主办, 于 2001 年 5 月召开; 第 3 届由武汉大学计算机学院主办, 于 2003 年 3 月召开。该会的规模和影响逐届扩大。第 4 届中国信息和通信安全学术会议(CCICS 2005)拟定于 2005 年 5 月在陕西西安举行。热忱欢迎所有涉及信息安全、通信安全理论和技术方面的研究论文提交本次会议进行交流。会议论文集将由科学出版社出版, 会议的优秀论文将被推荐到《软件学报》。

一. 征文要求

论文须为未公开发表并且未向学术刊物和其他学术会议投稿的最新研究成果。文稿使用中文或英文书写, 字数一般不超过 6000 字。请将论文(word 文档)全文(注明作者的联系电话和 E-mail 地址)发送到 yangbo@mail.xidian.edu.cn。

二. 重要日期

征文截止日期: 2004 年 7 月 31 日
 文章录用通知: 2004 年 9 月 31 日
 录用论文定稿: 2004 年 10 月 31 日

三. 联系方式

联系人: 西安电子科技大学通信工程学院 杨波 教授
 通信地址: (710071)西安电子科技大学 106 信箱
 电话: 029-8203028
 E-mail: yangbo@mail.xidian.edu.cn