

DDS 在分布式系统仿真中的应用

张大海, 赖兰剑, 陈鼎才

(中国电子科技集团公司第三十六研究所 通信系统信息控制技术国家级
重点实验室, 浙江 嘉兴 314033)

摘要:提出了数据分发服务(DDS)在分布式系统仿真中的一种应用。DDS 是 OMG 组织的数据分发服务规范, 可以应用于对数据传输性能要求高的领域。它定义了一种以数据为中心的数据发布-订阅模型, 提供了一个与平台无关的数据模型, 以简化分布式系统中数据的有效发布。通过使用 DDS, 可以实现分布式系统仿真环境中各个仿真节点之间高效、高速地进行数据交互。该方法与基于服务器的数据传输方法相比, DDS 具有简单高效、传输时的服务质量(QoS)可控、数据的传输不依赖于服务器等优点。

关键词:数据分发服务; DDS; 分布式系统仿真; QoS

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)03-0250-04

Application of DDS in Distributed System Simulation

ZHANG Da-hai, LAI Lan-jian, CHEN Ding-cai

(National Laboratory of Information Control Technology for Communication System of
No. 36 Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Jiaxing 314033, China)

Abstract: An application of data distribution service (DDS) in distributed system simulation is presented in this paper. DDS is the data distribution service specification issued by OMG that can be used in the fields which require high performance of data delivering. It defines a data-centric data publish-subscribe model, and provide a platform independent model to simplify the data distribution effectively in the distributed system. By using DDS, simulation nodes in the distributed system simulation environment can exchange high speed data with each other efficiently. Compared to other data transport methods base through a server, DDS has the advantage of DDM by its simple and efficiency, its quality of service (QoS) policy which can control the quality of the transport and data transport without the passing the server.

Key words: data distribution service; DDS; distributed system simulation; QoS

0 引言

现代战争的作战系统将会是庞大而又复杂的, 战场的状态又是瞬息万变的, 对信息快速感知和及时传递就变得尤为重要。尤其是随着美军赛博(Cyber)概念的提出, 多系统的协调和融合必将会是未来发展的趋势。而对于分布式系统的仿真, 也要求某一个节点上的变化和能够及时地被其它相关的节点感知和获取到, 以便及时地做出响应。目前, 对于在分布式仿真系统中如何实现信息的实时和按需分发, 是众多研究人员关注的热点问题之一。而目前在仿真系统中广泛采用的高层体系结构(HLA)方案^[1-3], 也存在如何实现快速高效的数据分发管理的问题。

传统的基于客户端/服务器的数据传输方式存在低效和信息传递不及时的问题, 为了解决实时高效分发数据的问题, 对象管理组织(OMG)于2004年发布了第一个以实时数据中心思想的发布/订阅通信模型——数据分发服务(DDS)规范^[4], 并在2007年1月推出了V1.2版^[5]。DDS可以满足复杂系统的实时和高速数据交换要求, 实现分布式网络环境下的动态组网和数据的按需多点分发。

文中在研究 DDS 规范的基础上, 分析了分布式系统仿真环境对于数据交换能力的需求, 并利用开源的 DDS 实现^[6]构建了一种在分布式系统仿真环境下通用的数据分发服务接口。利用该接口, 可以简化数据交互编程, 实现仿真节点之间高速、高效的数据交互。

1 数据分发服务(DDS)

1.1 DDS 的以数据为中心的发布/订阅模型

传统的通信模型大多是基于客户端/服务器(C/S)的通信模型, 通信双方的通过远程调用的方式进行

收稿日期: 2010-07-04; 修回日期: 2010-10-22

基金项目: 总装备部重点实验室基金(9140C1302020902)

作者简介: 张大海(1981-), 男, 工程师, 博士, 主要从事特种通信仿真技术研究; 赖兰剑, 研究员, 主要从事特种通信总体及仿真技术研究。

数据的通信。这种传统的 C/S 模式的解决方案虽然已经有了自己相应的协议标准,在很多系统和应用中广泛使用,但这些方案无法适用于对实时性要求高的分布式系统。

另一种通信模式是基于发布/订阅的网络模型。网络节点只需要订阅它们想要的信息,或者发布它们能提供的信息,由系统负责传递数据。这其中,没有严格的发布或者订阅区分,任何一个节点都可以发布自己的数据或订阅自己感兴趣的数据或者既发布又订阅。

DDS 是 OMG 组织公布的数据分发服务规范,它定义了以数据为中心的发布/订阅(DCPS)机制,提供了一个与平台无关的数据模型,以简化分布式系统中数据的有效发布,它主要应用在性能要求高、可预见性和对资源有效使用的关键任务领域内^[7]。以数据为中心的发布/订阅网络模型如图 1 所示。

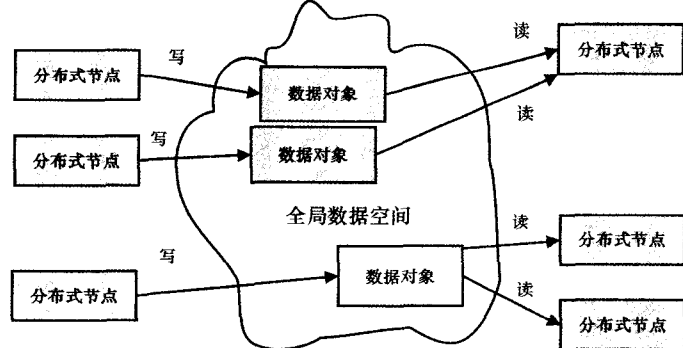


图1 以数据为中心的发布/订阅模型

以数据为中心的发布/订阅模型基于“全局数据空间(Global Data Space)”的概念,所有对该空间中的数据感兴趣的应用程序都可以接入。向这个数据空间提供信息的应用程序叫做“发布者”,它公布自己所提供的数据的属性和类型;从数据空间中获取数据的应用程序叫做“订阅者”,它公布自己希望接收的数据的属性和类型。发布者和订阅者并不需要知道彼此的位置,只要它们数据的属性和类型能够成功匹配,它们之间就会成功建立一个数据收发通道。每当发布者将新数据发送到这个全局数据空间,中间件就会把信息传播给所有感兴趣的订阅者^[8],订阅者就可以从全局数据空间中去获取自己感兴趣的数据。

这种松耦合的连接方式,使得订阅者或发布者可以动态地接入和退出全局数据空间,即时发布和获取数据,增加了系统的可扩展性和可伸缩性。

1.2 DDS 规范

数据分发服务(Data Distribution Service,简称 DDS),是一种在分布式系统中高效、可靠地进行数据分发的规范^[9,10]。它包含两层接口:底层的 DCPS(Data-Centric Publish-Subscribe)和可选的高层 DLRL(Data Local Reconstruction Layer)。其中 DCPS 层负责高效地将数据发送到适当的接收者;DLRL 将收到的数据进行简单整合,使应用程序能够更容易的访问数据。另外 DDS 规范中还增加了 QoS(Quality of Service)策略,用于控制数据分发的传输质量。QoS 由一系列单独的 QoS 策略组成,每一个策略描述一方面的服务质量,通过不同的组合,实现不同的质量控制,满足不同条件的要求。

DDS 规范包括域参与者、发布者、订阅者、数据写入者、数据读取者、主题和 QoS 等^[11,12],其体系结构如图 2 所示。

DDS 使用域来划分数据通信的子空间,隶属于同一个域的各个域参与者(Participant)可以互相通信,每个域参与者里面可以有一个或多个发布者(Publisher)或订阅者(subscriber),每个发布者里面可以有一个或多个数据写入者(DataWriter),每个订阅者里面也可以有一个或多个数据读取者(DataReader)。数据写入者通过数据通道将数据发送到相应的数据读取者处,数据读取者则从数据通道中获取自己感兴趣的数据,数据写入者和数据读取者通过主题(Topic)和 QoS 进行匹配和建立联系,一般每个数据写入者或数据读取者只写入或读取一种类型的数据。在全局

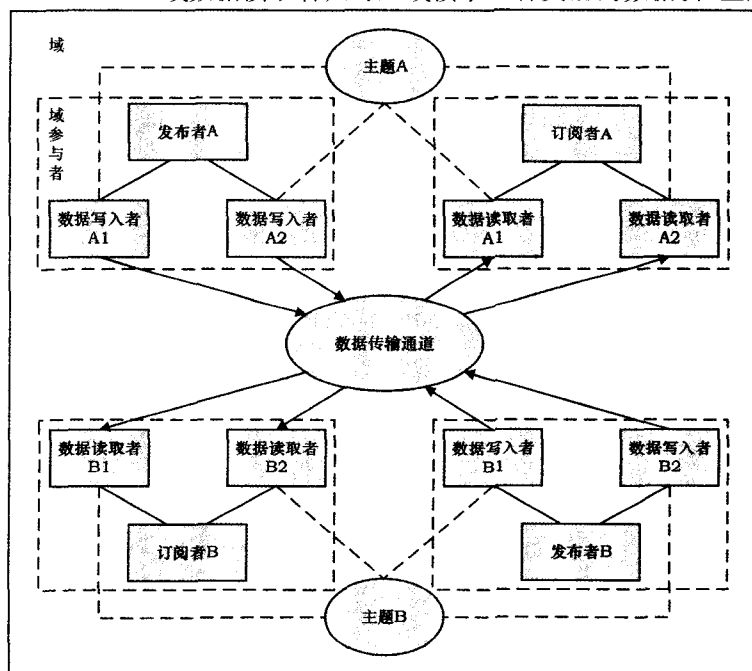


图2 DDS的体系结构

数据空间中,一种类型的数据对象可以有多个实例(Instance),各个实例之间通过数据结构中的 Key 来互相区别,每个数据写入者或数据读取者可以只对感兴趣的数据对象实例进行操作。数据传输的方式是多样的,可以通过 TCP、UDP 或 MultiCast,可以适用于多种不同的应用场合,其中基于 TCP 连接的方式适用于需要稳定可靠连接的场合,基于 UDP 连接的方式适用于需要高速数据传输的场合,而基于 MultiCast 的方式适用于大型的组播系统。DDS 的以数据为中心的模型大大减弱了信息发布者与订阅者之间的耦合关系,增强了系统设计的灵活性,有利于系统的维护和扩展。

2 DDS 在分布式仿真系统的应用

2.1 基于 DDS 的分布式仿真系统

在分布式仿真系统中,各个分布的仿真节点需要数据交互、互相协调以共同完成仿真任务。系统中各个分布的节点之间如何实现高效的通信和数据交互一直是一个非常影响仿真效率的问题。DDS 能实现高效和实时的数据分发,可以在很大 5mm,0.7mm),PY, DY]的时延,使仿真节点可以更快更准确地获取自己所需要的数据,提高仿真效率。一个典型的使用 DDS 的分布式仿真系统如图 3 所示。

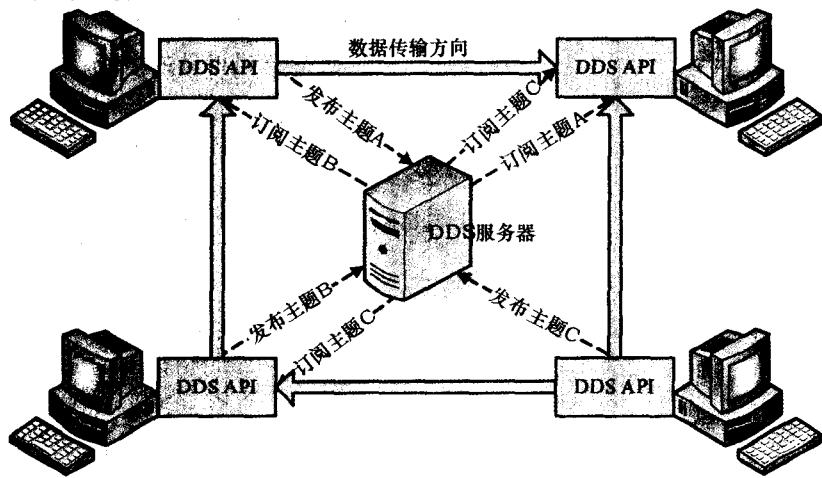


图 3 基于 DDS 的分布式仿真系统

在图 3 的分布式仿真系统中,各个仿真节点向 DDS 服务器提交它们所要发布或订阅的主题以及所要求的 QoS 信息。DDS 服务器会记录每个仿真节点所提供的订阅或发布信息,当有与节点所要求的信息相匹配的节点出现时,服务器会自动将发布节点和订阅节点进行配对。配对完成后,订阅节点和发布节点之间就建立起数据传输连接。当发布节点发布新的数据对象时,订阅方就会立即收到数据通知,然后对收到的数据进行处理。订阅者和发布者之间直接通信,DDS 服务器并不参与数据对象的发布和获取过程,因而不会因为服务器的性能和带宽的限制而影响数据

收发效率。每个仿真节点都可以发布或订阅数据,也可以根据网络分布情况或实际的仿真需要选择不同的数据传输方式。仿真过程中,可以根据需要增加或减少仿真节点的数量而不影响整个仿真网络的运行。

2.2 基于 DDS 的分布式仿真系统的具体实现

OpenDDS 是 OCI (Object Computing Inc.) 的开源 DDS 实现,它基于开源的 ACE 和 TAO,实现了 DDS 规范的 DCPS 层接口,目前支持的操作系统包括 Windows 和 Linux^[6]。

DDS 中间件的工作流程如图 4 所示,应用程序要使用 DDS 中间件,需要自己定义数据类型,需要自己创建相关的发布和订阅客户端,然后才能利用 DDS 进行数据的发布和订阅。

我们在 OpenDDS 的基础上,对 DDS 的 API 进行了封装,并定义了通用的数据格式,设计成一种用于分布式仿真系统的通用接口。通过该接口,可以方便的在仿真中加入自己的发布或订阅客户端,进行实时的数据交互。对于大型分布式仿真系统来说,这将很大程度地提高仿真中的数据交互效率,加快仿真推演的速度,并可以实现实时交互式仿真。

封装之后的 API 包括客户端创建、QoS 设置、匹配客户端查询、发送和接收数据、客户端释放等几个主要接口。

(1) 创建 DDS 客户端。

CreateClient (Client_Type, Transport_Type, Data_Type, Topic_Type, QoS_Type);

该接口用于创建一个可以利用 DDS 进行数据收发的客户端,接口中参数可以指定所要创建的客户端的类型、数据传输方式、数据类型、主题类型和 QoS 策略类型。其中,客户端类型可以是发布者或订阅者或者两者都是;数据传输

方式可以是 TCP、UDP、MultiCast 或 ReliableMulti-Cast;数据类型是需要自己定义的,需要根据 DDS 规范来书写;主题类型可以自己定义;QoS 策略类型可以根据需要从预先定义的几种策略中选择。

(2) 设置 QoS 策略。

SetQos (QoS_Policy);

该接口可以根据需要设定要创建的客户端的 QoS 策略。其中 Qos_Policy 为需要设定的 QoS 策略,QoS 策略的详细设定需要参考 DDS 规范中所支持的各种 QoS 策略的描述。

(3) 查询匹配的发布或订阅者。

GetMatched (Client_Type);

该接口可以返回与当前客户端相匹配的发布端或订阅端的数量。其中参数指定了当前客户端的类型(发布端、订阅端或两者都是)。

应用,通过 DDS 的使用,可以实现在分布式系统仿真环境中各个仿真节点之间高效、高速地进行数据交互。

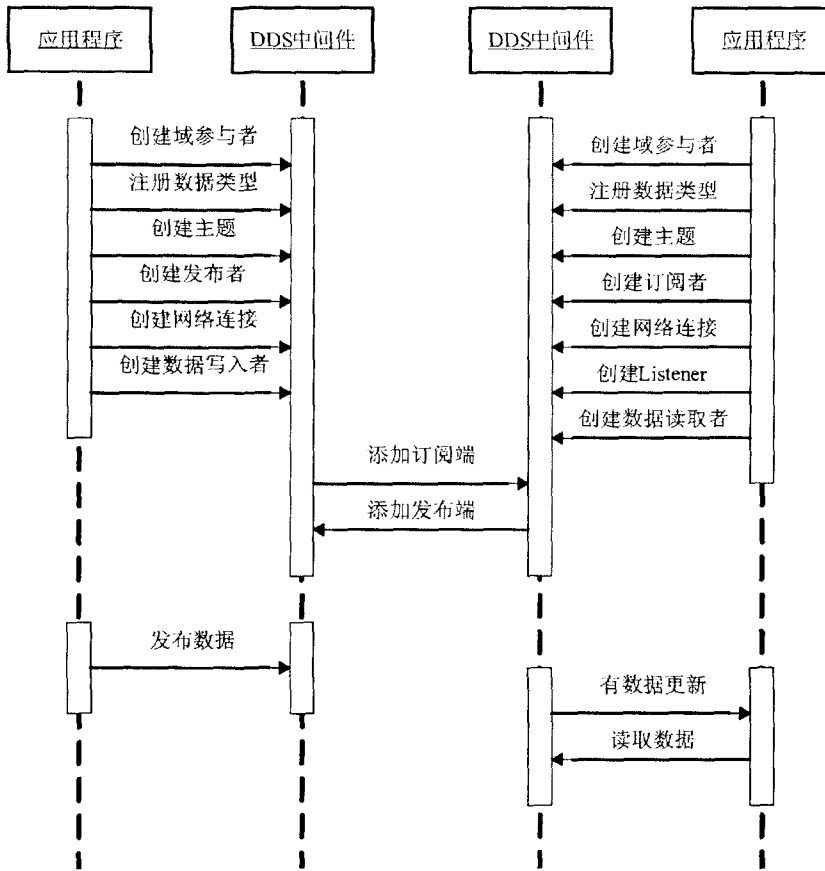


图4 DDS 中间件的工作流程

(4) 发送数据。

`SendData(Message_Head, Message_Body);`

该接口可以将数据发送到所有感兴趣的订阅端。

其中 `Message_Head` 是一个结构,里面包含了相关的数据头信息,包括发送者 ID、时戳、数据类型、数据长度等;`Message_Body` 是要发送的数据,按照一种自定义的统一格式存储。

(5) 处理接收到的数据。

`OnDataArrival();`

该接口用于处理接收到的数据,并将数据传给需要的本地程序模块。对于不同的数据类型或消息,需要不同的处理程序与之对应。

(6) 释放分配的资源。

`CleanUp(Client_Type);`

该接口用于将分配的相关资源进行释放,关闭数据传输连接并向服务程序解除注册。参数 `Client_Type` 为当前客户端的类型。

在进一步的工作中,将会仔细分析不同网络环境下不同的 QoS 对数据传输质量的影响,以针对不同的应用设置最佳的 QoS 策略。

参考文献:

- [1] 张 毅,胡勤友,施朝健. HLA 与 MAS 在分布式应用领域的仿真比较[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(1): 150-153.
- [2] 王庆俊,李晋惠,梁向阳. 基于 HLA/RTI 的客户/服务员模型的实现[J]. 微机发展, 2004, 14(4):40-42.
- [3] 夏明长,江雨燕,李 洁. 复杂产品协同仿真与设计技术的研究[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(3):70-73.
- [4] OMG. Data Distribution Service for Real - Time Systems Specification Version 1.0 [DB/OL]. 2009-06-10. <http://www.omg.org/cgi-bin/doc? formal/04-12-02.pdf>.
- [5] OMG. Data Distribution Service for Real - Time Systems Specification Version 1.2 [DB/OL]. 2009-06-10. <http://www.omg.org/cgi-bin/doc? formal/07-01-01.pdf>.
- [6] Object Computing, Inc. OpenDDS Developer's Guide[DB/OL]. 2009-06-10. <http://download.ocweb.com/OpenDDS/OpenDDS-latest.pdf>.
- [7] 王 珩,丁 峰. 一种基于 DDS 的实时信息分发框架[J]. 现代电子工程, 2007(6):1-3.
- [8] 袁 楷,沈 栋,李 娜,等. 基于 DCPS 模型的数据分发服务 DDS 的研究[J]. 电子科技, 2006(11):68-71.
- [9] Pardo - Castellote G. OMG data distribution service: architectural overview [C]// MILCOM 2003. [s. l.]: IEEE, 2003:242-247.
- [10] 李小兵,王士军,张 磊,等. 发布/订阅机制在协同作战中的应用[J]. 指挥控制与仿真, 2009(2):17-20.
- [11] 姚兵,蔡 婷,李峻林,等. 基于 DDS 模型的数据分发中间件的设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2009(3):619-623.
- [12] 曹万华,谢 蓓,吴海昕,等. 基于 DDS 的发布/订阅中间件设计[J]. 计算机工程, 2007(18):78-80.

3 结束语

文中提出了数据分发服务在分布式仿真中的一种