

实时数据分发系统的服务质量控制的研究

杨传顺,王学万

(中国船舶重工集团公司江苏自动化研究所,江苏 连云港 222006)

摘 要:在实时分布式系统中,采用实时发布-订阅协议的数据分发服务中间件,提供了一种以数据为中心的通信规范,定义了一个可扩展、与平台无关、与位置无关的基础服务模型。该通信模型,在空间、时间、传输、功能方面都是松散耦合的。实时数据发布者和订阅者,通过设置和调整服务质量参数,可以实现不同的数据需求和传输方式。服务质量参数可以在每个实体的基础上改变,这是每个实体支持复杂的数据通信模式配置的关键。研究表明,通过控制服务质量,数据能够以多种方式轻松地发送和接收,节点可以动态地离开和进入系统,有利于系统灵活的扩展和升级。

关键词:实时发布-订阅协议;数据分发服务;服务质量

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)05-0231-04

Research on Quality of Service of Real-time Data Distribution System

YANG Chuan-shun, WANG Xue-wan

(Jiangsu Automation Research Institute of CSIC, Lianyungang 222006, China)

Abstract: In real-time distributed system, data distribution service middleware using real-time publish-subscribe protocol, provides a data-centric communications specification, defines a scalable, platform-independent and position-independent basis service model. The communication model, in space, time, transmission, functions are loosely coupled. Real-time data publisher and subscriber, by setting and adjusting the quality of service parameters, can achieve different data requirements and transmission. Quality of service parameters can be changed based on each entity, it is key for each entity supported complex data communication mode configuration. The reasearch results show that, by controlling the quality of service, data can easily send and receive with a variety of ways, the node can dynamically leave and enter the system, it is beneficial to flexible expansion and upgrading to the system.

Key words: real-time publish-subscribe protocol; data distribution service; quality of service

0 引言

实时数据分发系统指采用数据分发服务(Data Distribution Service, DDS)中间件的实时分布式系统。OMG的数据分发服务正逐渐成为实时发布-订阅数据的分布式系统的标准,此标准的目的是提供一种以数据为中心的通信规范,定义一个可扩展、与平台无关、与位置无关的基础服务模型,以连接发布者和订阅者,支持服务质量(QoS)和属性。DDS的核心是DCPS^[1](Data-Centric Publish-Subscribe,以数据为中心的发布-订阅):定义了运行在异构平台上的标准接口的应用程序能从系统的全局数据空间读/写数据,目的是发布者能高效地将信息传递给订阅者。

1 发布-订阅通信协议

在 Publish-Subscribe 通信模式中,数据的传送是

基于变量名(topic),而不是IP地址,减小了编写程序的工作量。Publisher代表了发送数据的通信对象,能够把本地变量的值发送到网络上;Subscriber则代表了接收数据的通信对象,可以从网络上接收感兴趣的数据。

实时发布-订阅协议(Real-Time Publish-Subscribe, RTPS)就是在实时环境中采用PS(Publish-Subscribe)通信的协议,它具有以下特点:

(1) 实时性和可靠性,根据不同实时性需求,进行定时控制;基于TCP/IP标准协议的可靠信息传输机制,确保接收者收到相关信息。

(2) 命名式发布:应用程序通过发送用户定义的发布实现通信。这些发布由用户提供的名称和类型来标识,无需指定地址、路由、端口号等。

(3) 匿名通讯:支持匿名多播技术,信息发布者与信息接收者处于透明状态。

(4) 独特的声明和发送过程:PS通信过程分三步完成。先通过发布的形式声明发布的目的,然后通过订阅的形式声明订阅的信息,最后发送发布的更新。

收稿日期:2010-08-20;修回日期:2010-11-01

作者简介:杨传顺(1978-),男,山东菏泽人,硕士,工程师,研究方向为计算机控制和系统工程。

(5) 事件驱动式数据传送^[2]:只要有新的数据值发布,订阅方就会收到异步或同步的通知,并可获取这些新数据。数据传送由发布方发起。

(6) 一对多通信^[3]:支持多个节点同时通信。当信息接收者和发布者处于同一网络环境时,发布者通过中间件主动发布实时信息给接收者,不需等待接收者的任何请求操作。

2 数据分发服务的模型

图 1 显示了典型的 DDS 分布式应用的关键对象^[4],由 Domain、Domain participant、Data writer and publisher、Subscriber and Data reader、Topic 组成。Domain(域)是一个抽象的概念,指的是系统内部相互通信的参与者的集合。Domainparticipant(域成员)对象指的是域内参与应用的成员。因此,Domain 代表了通信平台,Domainparticipant 包含了在同一个域上通信的所有其它 DDS 对象。DataWriter 对象(代表发布者)与 DataReader 对象(代表订阅者)通过 Topic(主题)进行联系。主题在系统内部唯一,并且和数据类型以及数据本身的 QoS 关联。

域成员通过发布者的 DataWriter 对象交流数据和改变数据类型。一旦新的数据值传达给发布者,就由发布者决定何时执行数据的发布,实际数据发布的执行取决于发布者以及和 DataWriter 相关的服务质量。订阅者通过相关的 DataReader 接收发布者的数据,并提供给域成员。订阅者可接收和转发不同类型的数据。

DomainParticipantFactory(域成员厂)用于创建和删除 DomainParticipants,DomainParticipants 通过 DomainParticipant::get_domain_id() 绑定到域上,DomainParticipant 可以创建和删除 Topic, Publisher 和 Subscriber;Publisher 用于强制创建和删除 DataWriters 先前创建的主题的类型;Subscribe 用于强制创建和删除 DataReaders 先前创建的主题的类型;DataWriter::write() 用来使应用程序更新数据值;DataReader::take() 用来从 DDS 中间件中接收数据样本。

抽象的实体接口定义了域成员 DomainParticipant 和域实体 DomainEntities(即 Topic, Publisher, DataWriter, Subscriber, DataReader)支持的通用行为。get_qos() 和 set_qos() 用来检索和修改 QoS;确切的 QoS 参数,是针对每个具体的实体类型。

3 服务质量控制

3.1 RTPS 协议的服务质量控制原理

RTPS(Real-Time Publish-Subscribe)协议最初是

由 IDA 组织提出,用于增加工业以太网的实时通信的特定功能^[5,6]。

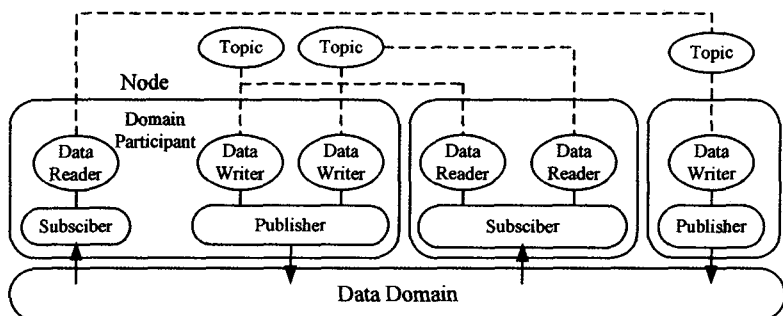


图 1 一个典型的 DDS 应用的对象图

RTPS 的 Subscriber 工作原理^[7]:Subscriber 接收订阅的信息;用最小间隔(Minimum Separation)这一属性控制每一个数据发送的间隔;同时确定一个时间期限(Deadline),保证在此期限内如果没有新数据到达则要通知系统。图 2 是 RTPS 的 Subscriber 的工作原理。

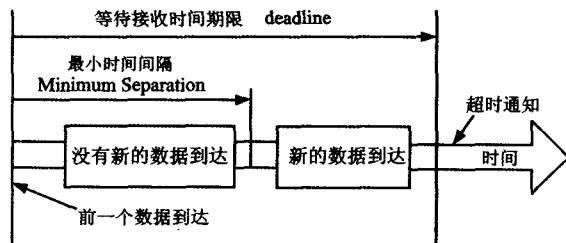
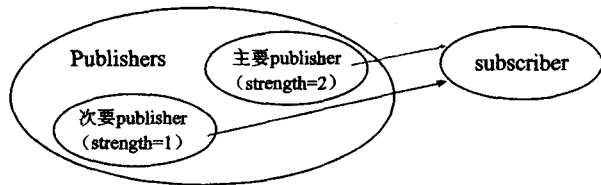
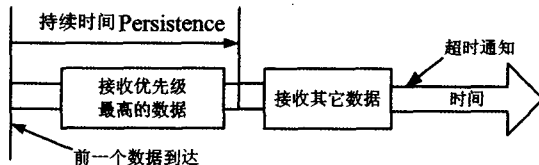


图 2 RTPS 的 Subscriber 的工作原理

RTPS 协议的 Publisher 工作原理:Publisher 发送 Subscriber 订阅的信息;Publisher 有优先级(Strength)和持续时间(Persistence)两个属性;当多个 Publisher 发送数据时,Subscriber 按照优先级的高低决定接收顺序;持续时间定义了数据的有效时间。图 3 是 Publisher 的工作原理。



(a) 多个 publishers 发送时的权重属性



(b) RTPS 按优先级接收的方法

图 3 RTPS 的 Publisher 工作原理

3.2 DDS 中间件的服务质量控制

DDS 中间件工作在不可靠的传输方式,如 UDP 或无线网络;无需中央服务器或特殊节点。高效、直接、点对点的通讯、甚至多播,可以实现模型的每一个功

能。DDS 的基本通信模型如图 4 所示。

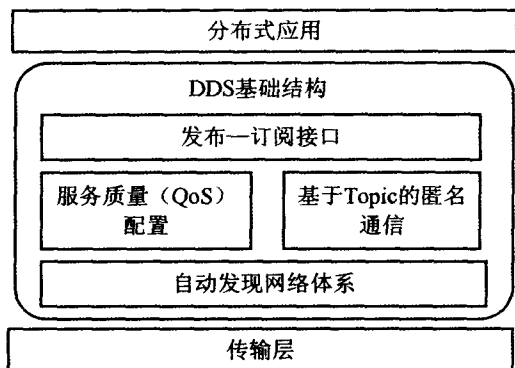


图4 DDS 的基本通信模型

OMG 的 DDS 中间件标准在 DDS 的 DCPS 层,即 DDS 的核心层完全采用了 RTPS 协议,它具有以下特点^[8]:

(1) 强制类型的全局数据空间。

DDS 创建一个全局性的数据空间,任何参与者都能使用接口高效自然的读/写数据,每个订阅者都能访问到“最新”的数据。它还建立了一个名称空间,让参与者查找和共享。为了提高扩展性,主题(Topic)可以包含多个独立的数据通道称为“关键字”(key)。这使得节点可以一次性订阅到很多,可能是数以千计的相似的数据流。当数据到达时,中间件根据关键字排序,提供有效的处理。

(2) 每个数据流可控的服务质量。

每对发布者-订阅者之间可以建立独立的服务质量(QoS)参数。DDS 允许应用程序支持极其复杂的、灵活的数据流需求。QoS 参数几乎能控制 DDS 模型和基本的通信机制的每个方面。发布者提供订阅者要求的服务水平,中间件负责确定是否提供了能满足要求的服务,从而建立沟通,或者指示不满足要求的错误,保证实时系统的正常运转需求。

(3) 自动发现和管理数据流。

DDS 能设计成自动发现发布者和订阅者的每一个主题,根据它们之间设置的 QoS 参数自动建立数据流。DDS 模型提供了快速透明的定位。这使得它非常适合用于系统的动态配置的变化。它能迅速发现新的节点,新的节点上的新的参与者,新参与者的新的数据主题。能及时地清除掉过时的、失败的节点和数据流。

(4) 多种数据订阅模型。

订阅者可以选择不同的数据订阅方式,下面是几种常见的发布-订阅模型。

a) 基于主题的模式^[9]: 订阅者声明感兴趣的特定主题,接受所有和此主题相关的信息,基于主题的模式适用于每一个具体的发布者-订阅者。该模型的主要缺点是提供给订阅者的信息表达形式有限,订阅者感

兴趣的可能是一个特定主题的一个子事件,收到的却是和此主题相关的所有事件。为了克服主题的低相关问题,采取了一些办法,例如,基于主题的模式扩展成提供主题空间的分层式结构,代替单一的结构。主题 B 定义成主题 A 的一个子主题,接收主题 B,会同时收到 A 和 B,通过其他的操作方法,像通配符,排除掉主题 A。另一个加强基于主题模式的表达形式是主题过滤,主题如果不满足过滤条件就不能传递到订阅者。DDS 还支持多主题结构,指定逻辑关联的几个主题为一组;可以选择域中的多种类型重组成一个新的类型。

b) 基于内容的模型^[10]: 订阅者对事件内容通过一些特定参数的设定分离或组合操作,接收感兴趣的事件。这可能会在属性的类型和订阅的语言方面受到限制。大多数语言都包括类似于正则表达式的比较运算符,复杂的订阅语言明显增加了匹配运算的复杂性。基于这个原因,订阅语言一般不支持查询超过一定复杂程度的参数组合操作。和基于主题过滤的模型不同的是,基于内容的过滤模型可能在系统中的任何节点被过滤掉,而不仅仅在接收端,从而可能节省网络资源。因此,在基于内容的模型中,高质量的规则表达式会带来高性价比的资源利用率。

c) 基于类型的模型: DDS 的变量事件是属于特定类型的对象,它可以封装属性和方法。类型对于应用程序来说,代表了健壮的数据模型,而且在发布-订阅系统中执行类型安全,而不是只在应用程序中。基于类型的模型就像定义一个新的结构类型,类型本身就像一个粗约束事件(类似于基于主题的模式)可以通过包含的属性(类似于基于内容的模型)或者通过方法(类似于面向对象的方法)做详细的约束。

d) 基于概念的模型: 上面提到的所有订阅模型是需要参与者知道所产生事件的结构、句法(像数目、名字和属性类型)、语法(像每一个属性的含义)。基于概念的模型允许在高层次上描述事件概念,通过应用元数据和影射函数诠释确切的事件结构。

e) XML 模型^[11]: DDS 支持半成品的数据模型,典型的是基于 XML 文档的模型。XML 文档可能是多层次的不同表述,从而成为对基于内容的模型的一个灵活性的补充,此外,它在执行和扩展方面提供自然优势例如互操作、独立性等。

具体到 DDS 的编程模型中,可以在 DataReader 和 DataWriter 对象之间设置数据流的 QoS 参数,也可以指定参数的设置时间或稍后通过 `get_qos()/set_qos()` 设置。

例如,DataWriters 可以在设置的 QoS 生存期限时间参数内(Deadline)以一定的周期发布更新的数据。DataReaders 以 TimeBasedFilter 参数规定的速率或任何

更低的速率请求数据。DataReaders 也可以指定截止时间接收下一个更新的数据。如果错过截止期限,中间件通知应用程序的探测器做相应的设置。DataReaders 可以要求不同程度的可靠性交付,从快速但不可靠到高可靠性顺序交付。这就为每个数据流提供了可靠性控制。

中间件可以通过 Qos 参数自动判断多个 DataWriters 的同一主题所代表的信息。根据唯一性,一个通道上的一个主题只能由单一的 DataWriter 更新。DataReaders 从 DataWriter 那儿接收具有最高优先级的数据;如果一个高优先级的数据接收失败,则立即接收优先级较弱的备份数据。

3.3 状态改变的响应

每个 DDS 实体都与一系列的状态对象关联,其价值可以通过 `get_*_status()` 函数更新。应用程序可以安装侦听器,当状态发生变化后中间件会自动通知,或等待条件变量触发特定的状态变化。

应用程序可以对特定状态的变化做出响应^[12]。例如,当 DataWriter 不再有效或其活力发生了变化;或当另一具有相同名称的主题存在,但具有不同的特征;或当 Qos 参数不符合提供的数据;或当错过了生存期限;或者当发现了一个新的与主题匹配的 DataReader (或 DataWriter);或当数据样本丢失或被拒绝等等。应用程序响应状态变化可在每个实例的基础上调整。

4 结束语

OMG 的 DDS,创建了简单的数据通信结构,实现了复杂的数据模式。文中分析了 DDS 规范的一些主要特点,并强调一些关键的 Qos 参数的设置,使用 DDS

中间件,也减轻了开发者担心的低层次的网络编程任务。总之,通过设置或调整 QoS 参数,可以用 DDS 中间件实现一个更强大、可扩展的、随着时间的推移易于维护和加强的实时分布式系统。

参考文献:

- [1] Data Distribution Service for Real-time Systems Version 1.2 [S]. OMG Available Specification, 2007.
 - [2] 段红亮,雷向东. 移动环境下多信道广播的有效数据访问[J]. 计算机技术与发展, 2009,19(4):5-8.
 - [3] 夏盛明,尹宝林. 一种可靠的消息传输机制[J]. 计算机技术与发展, 2009,19(10):30-32.
 - [4] Joshi R. Maximising performance in datacritical networked systems[J]. CRITICAL EMBEDDED SYSTEMS, 2007(6): 22-25.
 - [5] RTPS Wire Protocol Specification [S]. Version 1.0, Real-Time Innovations, 2001.
 - [6] Interface for Distributed Automation Architecture Description and Specification [S]. Revision 1.1, 2002.
 - [7] 姚兵,蔡婷,李峻林. 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.
 - [8] 李军. 数据分发服务中的全局数据空间(GDS)的研究与设计[J]. 舰船电子工程, 2010(7):62-64.
 - [9] 李策,金建中,杨博. 陆军作战战术数据分发研究[J]. 指挥控制与仿真, 2010(2):29-34.
 - [10] 陈晓怡,吕品,王宇心. 分布式仿真系统中的数据传输研究[J]. 计算机工程与设计, 2010(1):56-59.
 - [11] 杨哲,李领治. 一种面向可用性的 P2P 数据分发方法[J]. 计算机工程与应用, 2010(14):103-105.
 - [12] 初晓博,秦宇. 一种基于可信计算的分布式使用控制系统[J]. 计算机学报, 2010(1):93-102.
-
- (上接第 165 页)
- ceedings of 5th ACM workshop on role based access control. New York: ACM Press, 2000:47-64.
 - [2] Osborn S, Sandhu R, Munawer Q. Configuring role-based access control to enforce mandatory and discretionary access control policies [J]. ACM Transactions on Information and System Security, 2000,3(2):123-132.
 - [3] Lin A, Brown R. The application of security policy to role-based access control and the common data security architecture [J]. Computer Communications, 2000,23(17):1584-1593.
 - [4] 司莹莹,王洪. 访问控制策略的研究[J]. 计算机技术与发展, 2007,17(4):101-103.
 - [5] 刘宏波,罗锐,王永斌. 一种采用 RBAC 模型的权限体系设计[J]. 计算机技术与发展, 2009,19(9):154-156.
 - [6] 石晓耀,张维成,江颖. 基于 RBAC 的软件自主实验平台设计[J]. 计算机技术与发展, 2007,17(10):230-233.
 - [7] 马斌,赵文广,李仲学,等. 大型矿山企业 MIS 中的 RBAC 设计及实现[J]. 采矿技术, 2005,5(3):24-25.
 - [8] 杜诗军,王瑞民,周清雷. RBAC 在网络管理上的应用[J]. 计算机技术与发展, 2007,17(3):166-168.
 - [9] 张世明,杨寅春. 基于角色的访问控制技术在大型系统中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2006,27(19):3723-3725.
 - [10] 李仲,杨宗凯,刘威. 一种基于 RBAC 的实现动态权限管理的方法[J]. 计算机技术与发展, 2006,16(10):1-4.
 - [11] 覃章荣,王强,欧候进,等. 基于角色的权限管理方法的改进与应用[J]. 计算机工程与设计, 2007,28(6):3723-3725.
 - [12] 陈阳,赵琛,窦燕,等. 基于角色访问控制模型的缓存机制研究[J]. 计算机工程, 2006,32(12):142-144.