

基于 DCPS 模型的数据分发服务 DDS 的研究

裘楷¹, 沈栋², 李娜¹, 吴宇红¹

(1. 西安电子科技大学 计算机网络与信息安全教育部重点实验室, 陕西 西安 710071;
2. 桂林电子科技大学 管理科学与工程实验室, 广西 桂林 541004)

摘要 为了满足分布式实时应用的通信需求, 对象管理组 OMG 于近期公布了全球第一个用于发布/订阅数据分发服务 (DDS) 的新规范。DDS 为各种不同类型的分布式应用提供了数据通信模型, 能促使数据实时、高效地分发。在对比客户/服务器模型的基础上, 重点分析了 DDS 采用的以数据为中心的发布/订阅 (DCPS) 模型; 然后对 OMG-DDS 规范的主要内容进行了介绍, 阐述了 DDS 数据分发的核心思想, 最后探讨了它所适用的通信场合。

关键词 数据分发服务; 数据为中心的发布/订阅; 实时系统; 分布式应用

中图分类号 TP393

Study of Data Distribution Service Based on DCPS Model

Qiu Kai¹, Shen Dong², Li Na¹, Wu Yuhong¹

(1. Key Laboratory of Computer Networks and Information Security, Ministry of Education, Xidian University, Xi'an 710071, China; 2. Management Science and Engineering Laboratory, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract To address the communication needs of real-time distributed applications, the OMG has recently published a new specification called "Data Distribution Service for Real-Time Systems". This standard is the first comprehensive specification available for "publish-subscribe" data distribution. Many different types of distributed applications can use the DDS to facilitate their real-time efficient distribution of data. The data-centric publish-subscribe model used by DDS is analyzed in comparison with the client-server model. Then the OMG-DDS specification is introduced briefly and its core idea of data distribution is described. Some communication scenarios in which DDS can be applied are also discussed.

Keywords data distribution service (DDS); data-centric publish-subscribe(DCPS); real-time system; distributed application

1 引言

网络中间件为通信提供了基础设施, 从而可以实现复杂的分布式系统。在多数网络系统中, 信息的实时获取是非常关键的问题。不同的源地址将信息发布出去, 相应地, 网络中对此感兴趣的节点获取该信息, 同时还要考虑到 QoS (注: 不同的信息制造者和信息消费者对 QoS 有不同的要求)。尤其是在实时性要求高和任务紧急的系统中, 要能做到“在正确的时间、正确的地点获得正确的数据

(3R)”, 对系统的要求是非常高的。但是在 DDS 规范发布之前, 是没有一种标准能以完整的方式满足这个要求。

虽然传统的 C/S 模式的解决方案早已有了相应的协议标准, 但这些方案往往不能很好地适用于分布式实时系统, 而发布/订阅 (publish-subscribe) 网络模型是对 C/S 模型一个强有力的补充, 从而使得多种分布式系统能在一个网络中高效地共享数据。OMG 意识到需要一个基于以数据为中心发布/订阅模型的数据分发服务来满足分布式实时应用的需要, 提出并最终采纳了“OMG-DDS”规范。

复杂的分布式应用都需要有一个功能强大的通信模型, 在 OMG-DDS 规范中描述的以数据为中

收稿日期: 2006-03-13

作者简介: 裘楷 (1981—), 女, 硕士研究生。研究方向: 网络通信与网络管理。

心的发布/订阅模型为许多实时应用提供了解决方案，从小规模的嵌入式控制系统直到大规模的企业级信息管理系统的各个领域，都可以实现信息的实时可用性。

2 DCPS 模型

通常使用的网络模型有两种：客户/服务器模型和发布/订阅模型，而“OMG-DDS”数据分发服务采用的是以数据为中心的发布/订阅模型。

2.1 客户/服务器 (C/S) 模型

大多数企业级网络架构，如 HTTP、CORBA 以及 DCOM 等，采用的是以对象为中心的 (Object-Centric) 客户/服务器通信模型。该模型的特点是：服务器提供服务，而客户接受这些服务；通信是由客户端主动发起的，它必须先绑定到服务器上，并通过调用特定的操作来更改或获取信息。在使用 C/S 模型的网络中，一个服务器通常会同时连接着多个客户端。

从图 1 可以看出，客户端直接和服务器建立连接，然后向服务器发送请求，而服务器则处理来自客户端的请求并向客户端返回响应。由此可见，C/S 模型中客户和服务器之间耦合度高，这样就降低了系统的灵活性、扩展性和健壮性。在客户需要访问位于服务器上的数据库或其它集中式资源的情况下，C/S 模型是一个适用的模型。然而，在分布式实时系统中，它不能很好地进行数据分发。例如在

医疗系统、舰船控制系统和遥感勘测系统等领域，都需要能够进行数据的实时分发，所以需要新技术来解决此类问题。

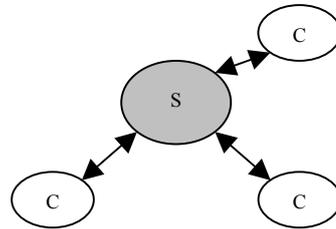


图 1 C/S 模型示意图

2.2 发布/订阅 (P/S) 模型

发布/订阅模型是一个理想的转移数据的通信机制，它能在应用程序之间高效地分发数据。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。从逻辑上讲，消息是在通信节点间直接传递的。

建立通信连接很简单：发布者注册它们可以提供的数据，而订阅者则订阅它们感兴趣的数据；发布者发送数据时，只需关心它要传递的特定数据；订阅者在接收信息时，只需知道它想接收的特定数据。这种模型和 C/S 模型不同之处在于：前者允许在网络中存在若干个发布者和订阅者，并且不严格界定发布者和订阅者的通信角色，所有分布式节点之间可以按需共享信息。典型的 P/S 模型如图 2 所示。

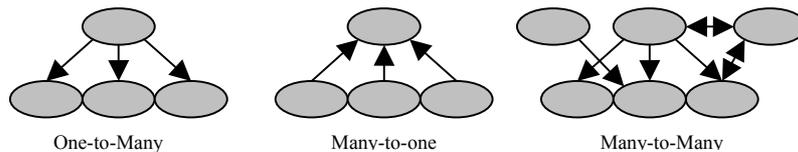


图 2 P/S 模型示意图

由于 P/S 模型具备以上的特点，所以获取“正确的数据”就变得比 C/S 模型相对简单，节点只需要声明它们感兴趣的信息是什么，而由系统负责传递数据；同时，“正确的时间”发送数据也变得相对容易，因为在 P/S 模型中，只要数据有效，发布者就可以对其进行发送。由于数据从发布者直接流向订阅者，不需要中间的服务器参与，因此 P/S 模型还具有很高的传输效率。

2.3 以数据为中心的发布/订阅 (DCPS) 模型

在许多分布式实时应用中，都需要有一个纯粹以数据为中心的信息交换模型，某些应用程序发布数据，然后对其感兴趣的远程应用程序获取这些数据，它们主要关心的是如何以最小的负载高效地进行数据分发。传统的 C/S 模型是以对象为中心的通信模型，例如：CORBA 通过 IDL 定义的接口在远程对象上进行方法调用，而数据是通过方法调用中

的参数或返回值间接地进行通信的。

分布式共享内存 (Distributed Shared Memory) 是一种以数据为中心的经典模型。但这种体系结构一般只适用于对称多处理 (SMP) 系统, 或紧耦合的集群系统 (Cluster)。在局域网或广域网中, 主机可以随意加入或退出, 通信连接偶尔也会发生故障。在这样的环境中, 要透明地实现内存的随机访问以及获得完全可靠的即时响应是比较困难的。因此, 该模型在 Internet 网络上很难高效地执行, 而且达不到所要求的伸缩性和灵活性。

以数据为中心的发布/订阅 (Data-Centric Publish-Subscribe) 模型可以解决上述问题, 该模型基于“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。想要向这个数据空间提供信息的应用程序声明意图并成为“发布者”, 同样, 想从数据空间中获取数据的应用程序成为“订阅者”。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。

如图 3 所示, DDS 中以数据为中心的发布/订

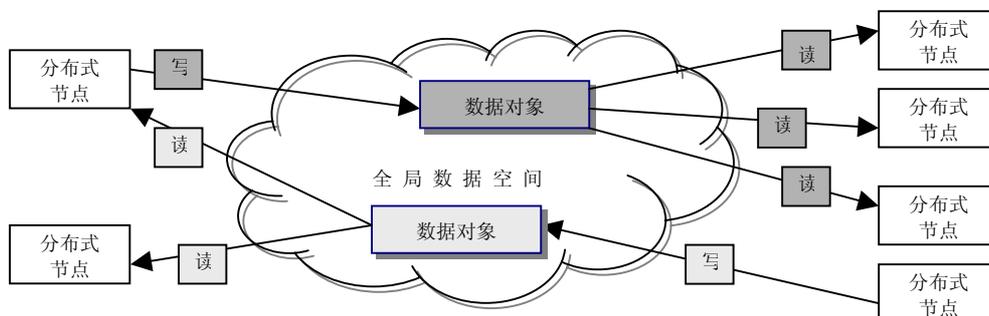


图 3 DCPS 模型全观

尽管 DCPS 模型受到了广泛欢迎, 也已经有一些商业的和自用的产品, 但一直缺少一个通用全面的数据分发的标准, OMG 正是针对这种状况提出了 DDS (Data Distribution Service) 规范。

3 DDS 规范

3.1 规范介绍

DDS 全称是数据分发服务, 它的目标在于促进分布式系统中数据高效、可靠地分发。DDS 规范使用 UML 语言描述服务, 提供了一个平台独立模型, 从而可以映射到多种具体实际的平台和编程语言

中。阅 (DCPS) 模型构建了一个共享的“全局数据空间”的概念, 所有的数据对象都存在于此空间中, 分布式节点通过简单的读、写操作便可以访问这些数据对象。实际情况中, 数据并不是在所有计算机地址空间中都是“活动”的, 它仅在那些对它感兴趣的应用程序的本地缓存中活动, 而这一点正是发布/订阅模型的关键所在。

任意一个 DCPS 的底层都有一个数据模型, 该模型定义了图 3 中的“全局数据空间”, 并指定了发布者和订阅者如何与此空间联系。此数据模型十分简单, 可看作是一组无关的数据结构, 每个结构都用主题 (Topic) 和类型 (Type) 来加以鉴别。Topic 提供了一个标识符, 以此来惟一地标识全局数据空间中的某些数据项; Type 提供的是用以告诉中间件如何操作这些数据的结构信息, 同时也允许中间件提供一定的类型保护措施。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联系 (去耦合)。系统各个组成部分间去除耦合有许多好处, 能够增强系统设计的灵活性, 便于系统的维护和规模的扩展。

中。

DDS 规范关键点之一就是标准化了用于创建分布式应用的底层通信模型和应用程序编程接口 (API), 并详细描述了接口的两个层次:

(1) 低层的 DCPS (Data-Centric Publish-Subscribe): 该层是必需的, 由它来完成数据的发布、订阅, 其目标是发布者能高效地将正确的信息传递给适当的订阅者。

(2) 高层的 DLRL (Data Local Reconstruction Layer): 该层是可选的, 用于数据在本地的表示, 其目的是使应用程序能更加直接地访问交换的数

据，并能与本地语言完美地结合起来。

DDS 规范的另一项关键点是列举并正式定义了一整套全面的 QoS 策略，能利用 QoS 进行系统控制。每一个 DCPS 实体都有自身的 QoS 策略，而且在每一对发布者和订阅者之间又都可以建立独立的 QoS 协定。这使得 DDS 可以很好地配置和利用系统资源，协调可预言性与执行效率间的平衡，以及能支持复杂多变的数据流需求等。

3.2 DDS 中数据分发的核心思想

在处理以数据为中心的分布式应用中，DDS 提供了一个更加简单的编程模型，不需要开发特定的事件/消息方案或人为地创建 CORBA 对象来远程获取数据。应用程序可以利用一个简单的 Topic 名称来指定它想要读或写的数据，并且使用一个以数据为中心的 API 直接读写数据。数据是通过以下结

构来传递的：发送端的发布者（Publisher）和数据写入者（DataWriter），接收端的订阅者（Subscriber）和数据读取者（DataReader）。图 4 显示了 DDS 中数据的传递过程。

Publisher 是一个负责分发数据的对象，它可以发布不同类型的数据。DataWriter 是 Publisher 的一个类型化的接入者，即每个 DataWriter 对象只专注于应用程序的一种数据类型。应用程序必须使用 DataWriter 来与 Publisher 通信，前者告诉后者存在某种类型的数据对象并同时告知其相应的值。当数据对象的值通过适当的 DataWriter 传递给 Publisher 后，进行分发就是 Publisher 的责任了，Publisher 会根据自身的 QoS 或者相应的 DataWriter 的 QoS 来进行数据分发。将一个 DataWriter 连到一个 Publisher 上就定义了一次发布。

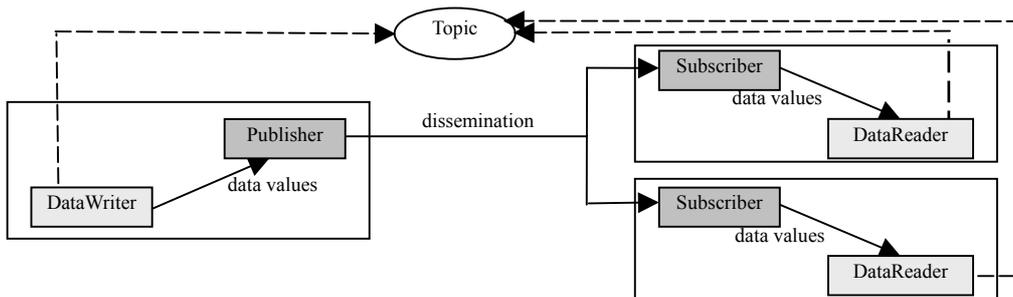


图 4 DDS 数据分发模型

相应地，Subscriber 负责接收已发布的数据并使接收方的应用程序能够获得此数据（根据 Subscriber 的 QoS），它可以接收并分派不同类型的数据。而应用程序想要获取 Subscriber 接收到的数据，就必须使用一个与 Subscriber 关联的类型化的 DataReader。同样，将一个 DataReader 连到一个 Subscriber 上就定义了一次订阅。

Topic 对象则从概念上对发布应用和订阅应用进行了连接匹配：发布应用必须在某种程度上被订阅应用知晓，这样才能在它们之间建立明确的联系。Topic 通过将名称、数据类型、与数据本身相关的 QoS 联系到一起来完成此目的。所以说，正是通过 Topic，使空间上、时间上关系松散甚至毫无关联的发布者和订阅者之间产生了关联。

4 应用研究

对于大多数分布式实时应用来说，最主要的是能以低风险进行高效的数据分发，综合性的分布式系统要求更加苛刻。而 DDS 具有的特性为此类分布式应用提供合适的解决方案。

DDS 善于处理复杂的数据流，通过对 QoS 参数的控制，可以把对更新速率、可靠性和带宽控制有不同要求的模块很好地集成到同一个系统中。这对于构建综合性系统无疑是一个有利条件。

在对速度有较高要求的场合，由于 DDS 不需要有中心的服务器，可以使用直接 P2P 的传输方式，因此消除了由于网络中转而引起的时延，与 C/S 模型相比大大提高了传输速度。DDS 还允许应用程序

（下转第 76 页）

行状态进行监控,包括 EAI 框架平台的通信插件、应用逻辑插件、信息交换及业务处理、冲正处理、系统资源等状态的监控,同时对 EAI 框架平台的统一进行图形化的远程管理,为 Java 开发的图形应用程序。

3.4 统计分析工具

图 1 中的 ESAnalyst (Enterprise Application System Analyst),中文全称为“企业应用分析器”,负责对 EAI 应用的运行数据进行统计分析,帮助企业系统管理人员分析整个集成应用的运行状况,它完全基于 B/S 架构构建,支持报表、图表的统计。

4 结束语

文中研究提出的企业 EAI 构建模型是基于我国企业目前实际信息化应用的情况,采用目前成熟技术搭建的模型,具有应用开发和系统整合能力;并提供了可视化定制开发工具,开发、部署易管理,

支持目前流行的多种数据库和多种操作系统,支持多机群集处理模式,信息交换及应用具有良好的扩展性、重用性,支持高并发处理,具备高效的信息交换及应用处理能力,信息交换及应用处理系统出错率极小。

参考文献

- 1 Kirk Waingrow. Unix Programming Hints and Hacks[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- 2 Wizard Tonson . LINUX 与 UNIX_SHELL 编程指南[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- 3 浙江鸿程计算机系统有限公司编. 信息交换系统[Z]. 杭州: 浙江鸿程计算机系统有限公司, 2003.
- 4 刘海民. 融汇兴业统一信息交换系统[Z]. 北京融汇兴业网络科技有限公司资料, 2003.
- 5 陈 榕, 杨维康, 刘艺平. 下一代 IT 技术焦点: 信息交换 [Z]. 北京: 北京科泰世纪科技有限公司, 2003.
- 6 Lairy L, Peterson Bruce S. Davie Computer Networks A Syses Approach[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

(上接第 71 页)

通过降低可靠性来进一步缩短时延,例如:需要尽快获得最新数据的应用可以使用“best-effort”方式来获得最短的时延。另外,利用 DDS 进行多点传送,可以把单个网络分组同时发送给多个分布式节点,这极大地增加了大型网络的吞吐量。而且 P2P 连接是在订阅时确立的,当数据准备完毕后,每个节点都已经知道数据将发往何处,因此实际的数据发布过程效率很高。

另外,DDS 作为一个高性能、支持容错的数据分发服务,也适于需要高可靠性的系统。DDS 中没有任何特殊的节点。如果某个节点发生故障,其他部分能照常继续工作;同样,如果有新的节点加入,也不会对原有的系统造成任何影响(这同时也反应了可扩展性)。DDS 网络能够进行自愈,即使网络被劈成两半,每一半都能独立地工作;如果网络被修复,将会自动重新连接,继续提供全部服务。

5 结束语

DDS 是专门为高性能的数据分发而设计的一

项新规范,目的在于提供一个能够清晰地定义数据分发服务的应用级接口,它能在很大程度上简化开发者的网络设计工作。DDS 从一开始就受到了业界的广泛关注和多方支持,并于 2005 年 12 月推出了修订后的正式版本 v1.1,在原有的基础上实现了进一步完善。DDS 能够满足很多领域的应用需求,国际上已经对其展开了大量研究。今后需要继续关注其发展动态,进行更深入的分析探讨,以提高实际应用价值。

参考文献

- 1 OMG. Data Distribution Service for Real-Time Systems Specification(pte/04-03-06) [S]. 2004.
- 2 Giddings V. Tutorial on the OMG Data Distribution Service[R]. Objective Interface Systems, Inc., 2005.
- 3 Burlingame, Gerardo P C, Hunt G A. DDS Enabling Global Data[R]. Real-Time Innovations, Inc., December 2005.
- 4 Schneider S, Farabaugh B. Using the DDS Standard for High Reliability Applications[R]. Real-Time Innovations, Inc., 2004.
- 5 Gerardo P C. OMG Data-Distribution Service (DDS): Architectural Update[C]. 2004 IEEE Military Communications Conference, 2004, 2: 961 ~ 967.