

一种 Web 服务组合事务框架的设计与实现^①

房丙午 刘 力 张成叔 (安徽财贸职业学院 计算机系 安徽 合肥 230601)

摘要: Web 服务组合已成为跨企业应用集成的主要方法, 服务组合需要事务机制来保证其可靠性。由于服务组合自身的特点, 传统事务处理方法不适合。首先总结服务组合事务的特点, 提出了基于层次的服务组合事务框架, 并详细分析了服务组合事务的协调过程。最后给出了服务组合事务协调协议并实现了服务组合事务服务原型系统。

关键词: Web 服务组合; 事务框架; 协调协议

Design and Implementation of Transaction Framework for Web Services Composition

FANG Bing-Wu, LIU Li, ZHANG Chen-Shu

(Department of Computer, Anhui Finance and Trade Vocational College, Hefei 230601, China)

Abstract: Web Services Composition(WSC) is becoming an important approach to EAI and its reliability needs to be guaranteed by introducing the transaction mechanism. WSC transactions differ from traditional transactions in that they execute over long periods and cross multiple loosely-coupled organizations, so traditional transaction processing mechanism is inappropriate for them. This paper summarizes the characteristics of WSC transaction and presents its multilayer framework, and then analyses the coordination procedure of WSC transaction in the framework, and finally gives its coordination protocol and designs a prototype system for WSC transaction.

Keywords: Web services composition; transaction framework; coordination protocol

1 引言

事务处理技术是保证服务组合一致性和可靠性的重要手段,传统的事务处理技术具有严格的 ACID 特性,适合于紧耦合和短生命周期的事务^[1]。虽然传统的事务处理技术在数据库系统和分布式系统中得到了广泛的应用,但服务组合应用中的事务通常具有较长的生命周期,一个全局事务被划分成多个分布的子事务,对于这种长事务,非全则无的原子性需求过于严格,可能造成时间、资源的大量浪费;传统的锁机制可能引发资源被长期占用,从而导致系统的性能降低。因此传统的事务处理技术不能应用在组合事务中^[2]。目前工业界和学术界都对 Web 服务事务进行了广泛的研究,针对分布式事务和 Web 服务事务的特点,在传统事务处理理论上提出各种扩展事务模型、框架等。

各种扩展事务模型都放松了传统事务的 ACID 属性的限制。其中, OASIS 的 BTP 规范^[2,3]是一个基于 XML 的管理 Internet 上复杂的 B2B 事务规范,用以协调被不同自主组织拥有或控制的多个参与者的事务性应用。BTP 允许传统的短事务与跨多个企业或多个独立的工作流管理系统的长事务并存:它将事务分为 Atom 和 Cohesion 两种,前者保持严格的原子性,后者只对参与者的某个子集作选择性的提交或回滚,提供扩展的 2PC 协议保证整个应用的参与者达到一致性的结果。BTP 使用 2PC 协议,不允许参与者独立提交,可能引发参与者资源被长期占用。BTP 使用 XML 消息进行交互,而 Web 服务使用 SOAP 消息进行交互,所以不能够直接用于 Web 服务事务。IBM, Microsoft 和 BEA 的 WS-C/T 规范是对 BPEL4WS 在事务保证方

① 基金项目:安徽省高校省级优秀青年人才基金(2009SQZR200)

收稿时间:2009-08-18;收到修改稿时间:2009-10-12

面的补充^[4-6]。结合 BPEL4WS 的原子域定义、事务补偿和异常处理机制, WS-C 为保证所有参与组合的 Web 服务结束业务过程时达成一致结果提供框架支持, WS-T 描述了原子事务和业务活动两种用于 WS-C 框架的事务协调类型。WS-C/T 的优点在于协调框架和事务类型的分开,具有良好的可扩展性。但是该标准不是一个开放的标准,出于商业原因, WS-C/T 规范的实现是无法获取的。SUN, Oracle 和 Arjuna 的 Web 服务组合应用框架 (WS-CAF) 的规范^[7], 现在已成为 OASIS 标准。该规范包含三个部分: 上下文规范 (WS-CTX), 协调框架 (WS-CF) 和事务管理 (WS-TXM)。WS-CAF 包含三种类型的事务活动: 遵守 2PC 的 ACID 事务、带补偿机制的长期运行的事务 (LRA) 和集成异构的事务系统成为一个 B2B 事务的业务过程事务 (BP)。但是 WS-CAF 实现相当复杂, 目前还没有实现 WS-CAF 规范的产品。组合服务事务处理的研究还是十分的薄弱, 还没有给出支持组合服务事务的产品。本文第 2 节给出了服务组合事务处理框架和事务协调过程, 第 3 节分析了 WS-BA 组合事务协调协议, 第 4 节采用 JavaEE 技术实现了一个原型系统, 第 5 节对全文进行总结。

2 服务组合事务处理框架

Web 服务组合的松散耦合环境中, 事务的正确性不能完全遵循传统的 ACID 属性标准。我们将组合事务分两个层次: 全局事务和局部事务。全局事务是 Web 服务组合应用, 局部事务则是参与到服务组合中的单个服务, 该服务通过本地事务管理器提供严格的 ACID 事务属性。

2.1 服务组合事务属性分析

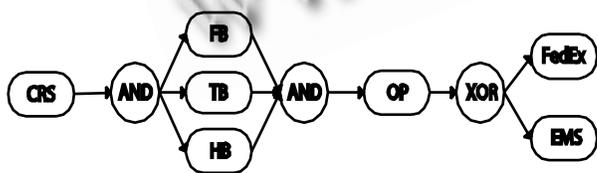


图 1 旅游代理服务组合

文献^[8-10]中提出的 Web 服务事务处理的特点, 我们列举出一个旅游代理例子, 来讨论服务组合事务属性问题。某旅行社组合多个合作伙伴(航空公司、火车票代理、银行、快递公司等)提供的服务, 构

成一个服务组合。CRS 表示用户行程进行规划; FB 表示预定飞机票; TB 表示预定火车票; HB 表示预订当地宾馆; OP 表示网上支付; 最后是预约 FedEx 或 EMS 进行票据发送。图 1 给旅游代理服务组合示意图。

从图 1 可以看出, 服务间执行的先后关系已经确定: 首先要对用户的行程进行规划, 之后同步进行预定飞机票、火车票和宾馆, 根据应用语义, 旅馆预定一定要成功, 而预订飞机票和火车票需要且只能成功一个, 可以根据偏好选择。之后可以进行网上支付。而最后是同步预约两家快递服务进行票据发送, 实际票据发送需要且只需要一个。服务组合事务就是保证多个事务性服务的交互和协作获得正确、一致的执行结果。下面分析 Web 服务组合事务属性: (1)长事务。由于业务逻辑需求, 一次事务可能跨越多个自治组织, 存在与用户交互和网络延迟, 组合事务处理过程往往会持续较长时间。(2)松弛的原子性。如果在一个 ACID 事务中管理整个旅行安排, 则会出现这样的情况, 或者需要做全部的工作, 或者不需要做任何工作, 不满足旅行代理的特定要求。组合事务必须适当放松事务的原子性, 部分子事务失败的情况, 允许由 Web 服务组合决定整个事务需要提交还是取消。例如: 如果 TB 和 FB 有一个成功, 全局事务可以成功完成; 如果 TB 和 FB 都成功执行根据用户偏好选择其中一个服务而对另一个服务进行补偿以维护事务的语义原子性; 根据语义, 如果 HB 失败, 对成功的事务都要进行补偿, 同时 FedEx 和 EMS 也只能选择其中一个。(3)松弛的隔离性。由于 Web 服务组合的松散性、自治性, 同时出于效率和安全考虑, Web 服务组合应用可能无法锁定其他 Web 服务的资源。允许子事务独立提交或异常终止, 允许在全局事务未完成的情况下相互协作的服务观察到已提交事务的结果。例如在 OP 执行时, 之前的事务结果必须对 OP 事务可见。(4)全局一致性和本地持久性。服务组合事务必须保证全局的一致性, 对于每个参与事务的 Web 服务来说, 通过利用本地的持久服务保证局部的持久性来达到全局的持久性。

2.2 服务组合事务处理框架

事务框架是建立在 Web 服务之上的, 为高层服务组合应用提供透明的事务管理和可靠性支持。根据以上分析, 在文献^[11]提出的网格事务服务的基础上, 我们设计的 Web 服务组合事务框架如图 2 所示。框架分为四层: Web 服务组合执行引擎、组合服务事务、本

地事务服务和事务性 Web 服务。



图 2 服务组合事务处理框架

(1) Web 服务组合执行引擎。通过调用组合服务事务服务提供的事务接口，启动事务、完成和取消事某个子事务或所有事务，根据业务流程编排调用 Web 服务的执行，确定 Web 服务是否参与事务，负责可替换 Web 服务的选取与调用等。(2) 服务组合事务服务。负责全局事务的管理。激活服务接受 WSCPEngine 事务请求，启动一个新的事务、创建事务上下文和协调服务。注册服务完成事务参与者的注册到全局事务中。协调服务根据选择的协调协议完成全局事务的协调任务。上下文服务主要完成不同事务的上下文管理。日志服务记录协调过程和状态转换信息，以便在系统发生故障时进行事务的恢复。在整个事务过程中，协调者和参与者通过日志管理器分别记录各自的日志，在系统发生故障时候通过故障恢复服务进行事务的恢复。(3)本地事务服务。完成 Web 服务的本地事务管理。(4)事务性 Web 服务。需要事务支持的 Web 服务。

2.3 服务组合事务的协调过程

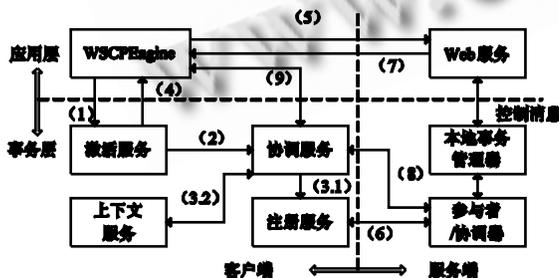


图 3 服务组合事务协调过程

图 3 显示服务组合事务服务各组件的关系以及协调过程。水平虚线的上部是服务组合应用层，各组件之间传递的是应用消息。水平虚线的下部是事务层，

各组件之间传递的是事务控制和协调信息。垂直虚线左侧是服务请求者，垂直虚线右侧是远程的服务提供者。具体的协调过程如下：

(1) WSCPEngine 根据业务逻辑确定事务协调协议，并向协调器发出开始事务请求。(2) 激活服务收到请求后，创建一个新的活动，并为新活动创建协调服务。(3) 协调服务创建注册服务和事务上下文。事务上下文主要包括事务标识符、协调类型和注册服务的引用。(4) 激活服务将事务上下文返回给 WSCPEngine。(5) WSCPEngine 收到上下文后，根据业务逻辑的编排调用相应的事务性 Web 服务并向其传播事务上下文。(6) 远程协调服务收到 Web 服务调用后创建参与者，参与者通过事务上下文向协调服务发出注册请求。注册服务登记参与者后向参与者返回协调服务的引用。(7) 参与者启动本地事务管理器、启动 Web 服务执行并将暂时的结果返回给 WSCPEngine。参与者可以自主提交本地事务并向协调服务发出已完成消息。如果本地事务发生不可恢复性失败，则参与者向协调服务发出失败消息，并退出事务释放锁定的资源。(8) 协调服务和参与者根据选定的协调协议完成事务协调。(9) 协调服务收到 WSCPEngine 完成事务消息后，向每个未完成的参与者发送完成消息。协调服务收到 WSCPEngine 取消事务消息后，向每个未完成的参与者发送取消消息，向每个已完成的参与者发送补偿消息。协调服务向 WSCPEngine 报告事务运行结果。

3 服务组合事务协调协议

3.1 服务组合事务定义与特点

定义. 服务组合事务 (Service Composition Transaction, SCT) 具有松弛的原子性和隔离性，它允许每个子事务独立提交或放弃，如果整个事务选择取消，必须对已提交的子事务进行补偿。每个子事务提交后立即释放资源，并且对其他事务可见。服务组合事务可用于协调持续时间较长的、跨组织的业务活动。SCT 具有以下特点：(1)允许部分子事务失败，如果某些参与者失败，协调者可以重新选择新的 Web 服务，继续完成全局事务。(2)子事务独立提交，参加到 SCT 事务中的 Web 服务在收到协调者的 Registered 消息后各自独立地提交事务，然后释放占用的资源。(3)如果全局事务取消，对所有已提交的子事务运行补偿事

务以消除该子事务所产生的影响；对所有未提交的子事务进行回滚；(4)如果全局事务决定完成，根据业务逻辑允许选择符合要求的子事务提交，也可以对不符合要求的子事务进行补偿或回滚。

3.2 服务组合事务协调协议分析

目前支持长事务的协调协议有 BTP 的聚合事务、WS-T 规范的 WS-BA 协议和 WS-CAF 的 LRA、BP 协议。我们在服务组合事务实现中采用文献[5]中提出的 WS-BA 协调协议。该协议支持 BusinessAgreement-WithParticipantCompletion(BAwPC)和 Business-AgreementWithCoordinatorCompletion(BAwCC)两个协调协议。系统中采用 BAwPC 协调协议，参与者向协调器注册该协议，以保证根协调器能管理它，参与者自主完成业务活动中的相关工作。当参与者完成了工作，发送 Completed 消息告诉协调者已经完成了自己的工作。协调者则发送 Close 通知该参与者正常的结束。WSCP Engine 根据业务逻辑可以向协调者发送取消某个子事务或全局事务，协调者向未完成的参与者发送 Cancel 消息结束这个事务，向已完成的参与者发送 Compensate 消息取消某个已完成的子事务的影响。图 4 显示了 BAwPC 协调协议状态图

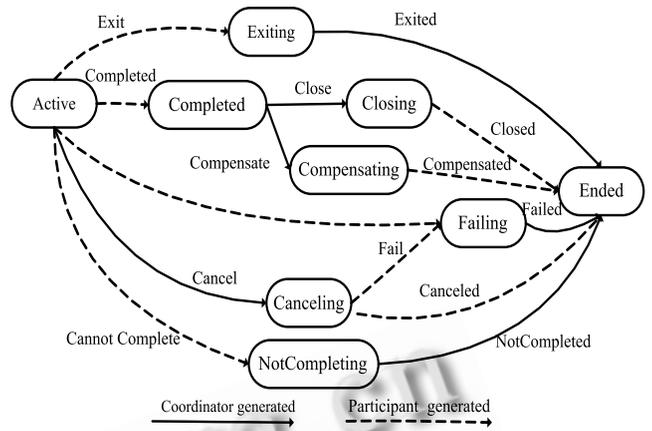


图 4 BAwPC 协调协议状态图

4 系统实现

我们选择 JavaEE 技术基于 Eclipse6.0 平台实现了 Web 服务组合事务服务的原型系统，Web 服务组合事务实现类如图 5 所示。原型系统和 Web 服务框架 Apache AXIS2 进行集成并运行在 Tomcat 6.0 的 Servlet 容器中。事务上下文都封装在 SOAP 消息的头中进行传播，所有参与者、协调器和 WSCP Engine 都采用 SOAP 进行通信。

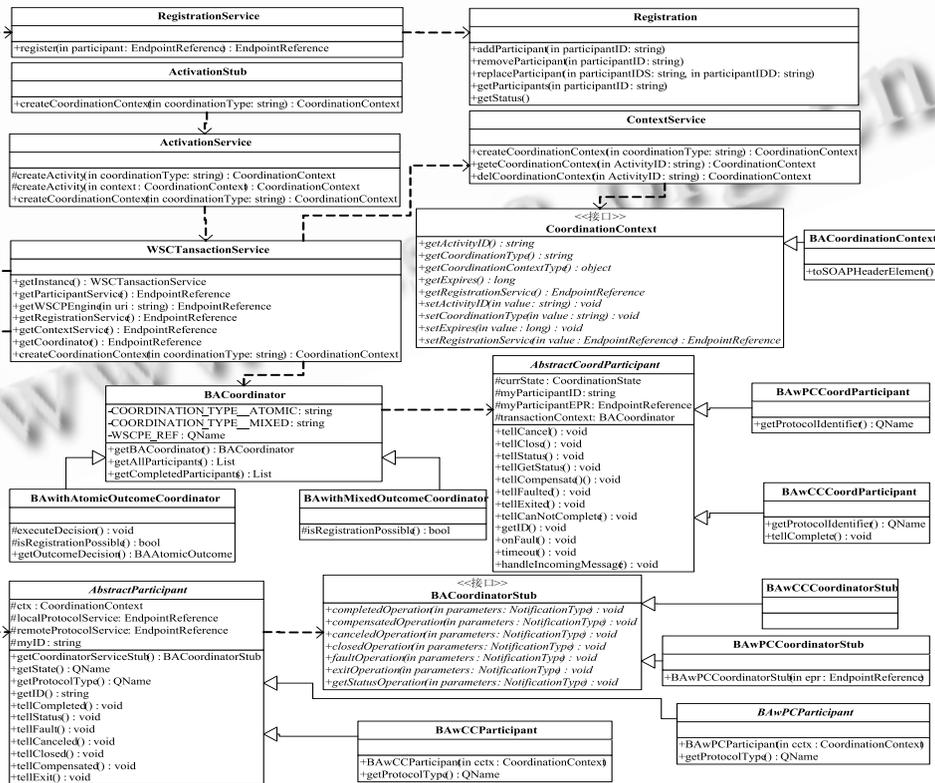


图 5 Web 服务组合事务实现类

5 结论

Web 服务组合已成为业界研究的热点, Web 服务组合是跨越多个组织, 具有分布性、自治性、异构性、长期运行性和松耦合等特点。因此, Web 服务组合事务比传统的事务更加复杂、灵活, 传统的事务处理技术不能应用在组合事务中, 本文总结服务组合事务的特点, 提出了基于传统事务处理之上的多层的组合事务框架, 采用 JavaEE 实现了一个服务组合原型系统。该原型系统和 Web 服务框架 Apache AXIS2 进行集成, 实验证明, 该原型系统很好地满足服务组合事务处理的功能和性能需求。本文进一步研究是扩展该原型以支持服务组合事务的故障恢复和补偿事务。

参考文献

- 1 Lee KW, Kim HJ. Consistency preserving in transaction processing on the Web. Web Information Systems Engineering. USA: IEEE. June 2000. 190 - 195.
- 2 Limthanmaphon B, Zhang Y. Web Service Composition Transaction Management. Proc. The 15th Australasian Database Conference (ADC2004) 171 - 179.
- 3 Furniss P, Haugen F, Ceponkus A, et al. Business Transaction Protocol version 1.1. [2009-11-11] http://docs.oasis-open.org/business_transaction/business_transaction-btp-1.1-spec-wd-05
- 4 Little M, Freund T. Web Services Atomic Transaction Version 1.2. [2009-2-2]. <http://docs.oasis-open.org/ws-tx/wstx-wsat-1.2-spec-os.pdf>
- 5 Freund T, Little M, Newcomer E, et al. Web Services BusinessActivity Version 1.2. [2009-2-2]. <http://docs.oasis-open.org/ws-tx/wstx-wsba-1.2-spec-os.pdf>
- 6 Feingold M, Jeyaraman R, et al. Web Services Coordination Version 1.2. [2009-2-2]. <http://docs.oasis-open.org/ws-tx/wstx-wscoor-1.2-spec-os.pdf>
- 7 Benedikt Kratz. Protocols For Long Running Business Transactions. Infolab Technical Report Series, no. 17, February 2004.
- 8 Benjamin A, Schmit, Schahram. Towards Transactional Web Services. the 2005 7th IEEE International Conference on E-Commerce Technology Workshops. 2005.
- 9 任怡, 吴泉源, 贾焰, 韩伟红, 管剑波. 事务处理技术研究综述. 计算机研究与发展, 2005, 42(10): 1799 - 1784.
- 10 官荷卿. Web 服务事研究综述. 计算机科学, 2005, 32(05): 13 - 16.
- 11 唐飞龙, 李明禄, 黄哲学, 王卓立. 服务网格中的事务服务及其 Petri 网的正确性分析. 计算机学报, 2005, 28(4): 667 - 676