

基于 Petri 网的网格系统形式定义^{*}

应 宏 王自全 刘福明 鄢 沛

(重庆三峡学院数学与计算机科学学院 重庆 404000)

摘 要 Petri 网有严格的数学定义,具有描述分布式通信计算系统的能力。通过分析网格系统的特点,高度抽象网格系统概念,基于 Petri 网原理,构造网格系统的库所和变迁,用有色 Petri 网系统给出网格系统的形式化定义,并对相关概念进行了讨论。

关键词 网格,有色 Petri 网,Web 服务,Web 服务资源框架,形式定义

Formal Definition of Grid System Based on Petri Nets

YING Hong WANG Zi-Quan LIU Fu-Ming YAN Pei

(College of Mathematics and Computer Science, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404000)

Abstract Petri net with strict mathematical definitions is capacity of describing distributed computing systems communications. By being analyzed the characteristics of grid system, highly abstract concept of grid system, the place and the transition of the grid system are constructed based on Petri net theory, the formal definition of the grid system is presented with colored Petri nets, and related concepts are discussed.

Keywords Grid, Colored Petri nets, Web services, Web service resource framework, Formal definition

1 引言

网格(Grid)是近年来逐渐兴起的一个研究领域,是科学家为解决当今社会面临的许多科学难题,参照电力网概念和运用模式提出的新概念。网格是一个广域分布的系统,它是分布式计算的一种形态。网格技术为实现计算资源、存储资源的虚拟化,为实现知识、信息、软件 and 应用的共享,为解决海量数据处理,信息资源孤岛等问题提供了新的思路。从研究文献看,有大量的论文讨论网格的体系结构、资源管理、信息管理、数据管理、通信与安全等,它们对网格系统的定义给出了许多非形式化的描述和解释,而如何从高层抽象网格系统概念,给出网格系统的模型和形式化定义,这方面的研究文献还不多见。

Petri 网是对离散并行系统的数学表示,适合于描述异步的、并发的系统模型,具有相对成熟的语义和可执行性,系统结构分析技术比较完善,可以对系统的活性、可达性、有界性等进行有效验证。本文运用 Petri 网原理,高度抽象网格系统,探索性地给出了网格系统框架的形式化定义。

2 网格计算及特点

网格是一种无缝、集成的计算和协作环境,它把分布各地的计算机连接起来,提供虚拟的、无限制的计算和分布数据资源,实现虚拟组织(Virtual Organizations)的资源共享和问题求解^[1]。用户使用网格,感觉如同个人使用一台超级计算机一样。为此,网格需要使用一个特殊的管理软件,它能够把一个程序划分成子任务在上千台计算机上执行。

网格是因特网应用的新发展,是在巨型机与互联网技术基础上推出的一项新变革,是完成超级计算任务的一种新模式。

式,它有许多特点^[2,3]:(1)资源最大范围和最彻底的共享,用户和程序以一种位置透明的形式存取非本地资源。(2)网格上的各类资源(硬资源和软资源)类型多样、跨越不同节点,网格软件可根据用户和程序的需求定位到特定的资源,从而优化选择资源,使得开发异构性成为可能。(3)一个复杂的求解任务可能要用到许多资源,网格能够有机动态地将它们集成到应用任务中,资源无缝地集成。(4)闲置资源的开发,计算力的聚集,从而减少浪费。(5)虚拟现实成为可能,从而屏蔽网格基础设施的复杂性。(6)网格将统一软件标准,实现互操作环境。网格的这些特点是给出网格系统模型的基础。

3 Petri 网知识

Petri 网(Petri nets)的主要特征包括并行性、不确定性、异步以及对分布式系统的描述能力和分析能力,它已经成为描述物理世界的异步并发现象并揭示其可计算规律的重要理论和成熟模型,其模拟能力与图灵机等价。网格系统对应的物理结构,如果模拟成一个 Petri 网系统,理论上是可行的,但网格系统中的节点数太多,难于讨论转换规则和系统的动态行为。为此,必须抓住问题的本质,做某些简化和抽象。我们认为 Petri 网论中的有色 Petri 网可以从较高层次来刻画网格系统框架^[4]。下面给出 Petri 网的相关定义。

3.1 基本 Petri 网

定义 1 基本 Petri 网定义为三元组 $(S, T; F)$ 表示的有向网,且(1) $S \cap T = \emptyset$; (2) $S \cup T \neq \emptyset$; (3) $F \subseteq S \times T \cup T \times S$ 。其中, S 和 T 分别称为库所(place)集和变迁(transition)集,库所和变迁又称为 S -元素和 T -元素, F 为 S -元素与 T -元素的有向弧,称为流关系(flow relation),“ $\times$ ”为笛卡儿积。

在基本 Petri 网中, S -元素表示状态(或资源), T -元素

^{*} 受到重庆市教委科研基金(KJ051101)和重庆市自然科学基金(2005BB2001)资助。应 宏 教授,主要研究方向:网格计算和 Web 数据库;王自全 副教授,研究方向:Petri 网;刘福明 副教授,研究方向:软件工程;鄢 沛 讲师,研究方向:Web Services。

表示变化, F 是状态元素与变化元素间的有向弧。状态用于描述可能的系统局部对象或条件, 其对象或条件用托肯 (token) 表示。譬如, 计算机和通信系统的队列、缓冲、资源等。变化用于描述修改系统状态的事件, 譬如, 计算机和通信系统的信息处理、发送、资源的存取等。变化只能与状态有直接的流关系, 即只存在 (S, T) 与 (T, S) 的关系, 不存在 (S, S) 与 (T, T) 的关系。流关系指出事件能够发生的局部状态, 以及由事件所引发的局部状态的转换。

3.2 有色 Petri 网

在基本 Petri 网中, 每个 S 元素代表一种资源, 而实际问题中往往存在作用类似但不同种类的资源, 如果按具有相似性质的元素分类, 对同类的个体赋予相同的颜色, 不同类的个体以不同的颜色加以区分, 这样, 一个库所中就可以包含几种对象, 或者表达一个复合条件, 一个变迁也可以表达几种不同的变化。另外托肯也增加了颜色, 可以描述对象的属性信息。

定义 2 设 S 为非空集合, IN_0 是非负整数集, 则从 S 到 IN_0 的函数叫做 S 上的多重集 (multi-set)。多重集和集合的区别在于一般的集合概念中的集合元素唯一, 而多重集是指集合中同一元素可以出现多次。例如 $\{a, a, b\}$ 是集合 $\{a, b\}$ 上的多重集。 S_{MS} 表示集合 S 上的所有多重集所组成的集合。

假定已存在颜色集 (应用领域的资源类) D , 用 P 代替 S , 有色 Petri 网 (Colored Petri Nets, CPN) 定义如下:

定义 3 有色 Petri 网定义为一个七元组 $\Sigma = (P, T; F, C, I_-, I_+, M_0)$, 其中:

(1) $(P, T; F)$ 为有向网, 称为 Σ 的基网。

(2) C : 是从 $P \cup T$ 到颜色集 D 之幂集合的一个映射。CPN 中托肯具有颜色, 每个库所的可能托肯颜色构成一个集合, 对 $p \in P, C(p)$ 是库所 p 上所有可能的托肯色 (资源类) 之集合; 变迁具有多种发生颜色, 每个变迁的所有发生颜色构成一个集合, 对 $t \in T, C(t)$ 是变迁 t 上所有可能的出现色之集合。对于任意 $p, t, C(p)$ 与 $C(t)$ 之间存在着颜色映射。

(3) I_-, I_+ 是用来在确定了变迁的发生方式后库所中托肯的变化的, 类似于基本 Petri 网中弧上的权函数, 它们分别称为 $P \times T$ 上的负函数和正函数, 使得对于所有的 $(p, t) \in P \times T$, 有

$I_-(p, t) \in [C(t)_{MS} \rightarrow C(p)_{MS}]_L$, 且 $I_-(p, t) = 0$ 的充分必要条件是: $(p, t) \notin F$

$I_+(p, t) \in [C(t)_{MS} \rightarrow C(p)_{MS}]_L$, 且 $I_+(p, t) = 0$ 的充分必要条件是: $(t, p) \notin F$

这里, $C(p)_{MS}$ 表示库所 p 上所有可能的托肯色集合上的多重集, $C(t)_{MS}$ 表示变迁 t 上所有可能的出现色集合上的多重集, $[\dots]_L$ 表示线性函数的集合。

(4) $M_0: P \rightarrow D_{MS}$, 称为 Σ 的初始标识, 它必须满足条件: $\forall p \in P, M_0(p) \in C(p)_{MS}$, 即 $M_0(p)$ 是 p 的托肯色集合上的多重集; 对于任一标识 $M, M(p, c)$ 表示在标识 M 下库所 p 中颜色为 c 的托肯数量。

4 Petri 网格系统模型

4.1 Web 服务和网格资源

基于 Petri 网构造网格系统, 首先要决定什么是网格系统的库所, 什么是网格系统的变迁。Web 服务 (或称网络服务) 是可被 URI (Universal Resource Identifier) 识别的软件应用, 它的接口用 XML 来定义, 并且可以通过基于 Internet 协议直接支持与其他基于 XML 消息的软件应用交互^[5]。在开放网

格服务体系结构 (OGSA) 框架下, 一切 (计算资源、存储资源、程序、仪器设备等) 都表示为一个遵循一套规范的网格服务 (Grid Services), OGSI 作为 OGSA 的核心规范过分强调临时有状态的网格服务与永久无状态的网络服务的区别, 导致两者之间不能更好地融合在一起。为此 Globus 联盟和 IBM 推出 Web 服务资源框架 (WSRF, Web Service Resource Framework) 规范, 在 Web 服务的基础上加入了有状态的资源。WSRF 认为: 资源是有状态的, 服务是无状态的, 网格服务可分成 Web 服务和资源两部分, 并利用 Web 服务资源方法 (WS-Resource Approach) 对具有状态属性的资源进行存取^[6]。

我们不妨称 Web 服务资源框架为网格资源。网格资源是网格可识别的“有状态”实体, 包括物理资源、抽象资源、计算节点、系统程序、应用程序、通信消息、中间件、任务、进程, 以及网格能够处理的一切“有状态”的可识别的数据资料。Web 服务是无状态的和松耦合的, 即 Web 服务之间不存在直接的引用关系。网格资源定义为网络服务所涉及的状态信息, 也不存在网格资源之间的直接关系。因此完全可以把 Web 服务抽象为 Petri 网的变迁 (T -元素), 网格资源抽象为 Petri 网的库所 (S -元素), 网格资源中所含有的资源分量就是托肯。并且每一个 Web 服务一般只涉及与之直接相联系的几个网格资源而非系统全部资源, 每一个网格资源一般仅涉及与之直接相联系的几个 Web 服务而非系统全部服务。

定义 4 三元组 $PG = (WS-Resources, Web Services; F)$ 是 Petri 网。其中: $WS-Resources$ 表示网格资源, $Web Services$ 表示网络服务, $Web Services \cap WS-Resources = \emptyset$, $Web Services \cup WS-Resources \neq \emptyset$; F 表示网络服务到网格资源的弧 (即引用存取) 和网格资源到网络服务的弧。不存在资源到资源, 或服务到服务的弧。

4.2 网格系统定义

定义 5 网格系统是 $Grid = (WS-Resources, Web Services; Domains, Type, Pre, Post, Initial Marking)$ 构成的有色网系统。其中:

(1) $WS-Resources$ 是组成 Petri 网格的有限的网格资源集合, 简称资源;

(2) $Web Services$ 是 Petri 网格包含的有限网络服务集合, 简称服务, 且 $Web Services \cap WS-Resources = \emptyset$; 系统只包含网格资源和网络服务两类网格元素, 一个网格资源对应一个资源类型。

(3) $Domains$ 是非空有限域的类型 (Type) 集合, 类型包括网格资源类型函数以及网络服务模式函数;

(4) $Type: WS-Resources \cup Web Services \rightarrow Domains$, 指定一个网格资源的类型或者网络服务模式的函数;

(5) $Pre, Post: SERVICES \rightarrow \mu RESOURCES$, 是服务映射, Pre 又称前集, $Post$ 又称后集:

$SERVICES = \{(s, m) \mid s \in Web Services, m \in Type(s)\};$

$RESOURCES = \{(r, q) \mid r \in WS-Resources, q \in Type(r)\};$

(6) $Initial Marking$: 初始标识, 是 Petri 网格系统的网格资源上的一个多重集, $M \in \mu RESOURCES$ 。

定义 5 中定义的网格系统称为 Petri 网格系统, Petri 网格系统是可执行的系统, 其动态执行主要取决于系统中网络服务规则的服务前提和服务模式, 而服务发生与否跟系统标识有关^[7]。

(下转第 106 页)

超级管理员登录后会自动加载该模块。包括对访问者提交的行注册资料进行审核,将符合申请条件的访问者审批为普通用户。

4.2 文档数据库的资源保护

文档管理系统的开发主要包括后台数据库的建立和维护以及前台应用程序的开发两部分。系统采用 ASP.NET 作为前台开发工具,Microsoft SQL Server 2000 作为后台数据库开发平台。通常我们采用 ADO.NET 来完成前台程序与后台数据库的交互。ADO.NET 是一组用于和数据源进行交互的面向对象类库。通常情况下,数据源是数据库,但也可以是 TXT 文件、Excel 表格或者 XML 文件。本文采用的 Microsoft SQL Server 2000 主要有以下几种主要对象:SqlConnection, SqlConnection, SqlDataReader, SqlDataAdapter 和 DataSet 对象。为防止数据库被下载,在设计与数据库的连接时,可使用 ODBC 数据源。在 ASP.NET 程序设计中,如果有条件,应尽量使用 ODBC 数据源,不要把数据库名写在程序中,否则,数据库名将随源代码的失密而一同失密。如果使用 ODBC 数据源,就不会存在这样的问题了。为有效地防止源代码泄露,可以对 ASP.NET 页面进行加密。可采用两种方法对页面进行加密。一是使用组件技术将编程逻辑封装入 DLL 之中;二是使用微软的 Script Encoder 对页面进行加密。使用组件技术存在的主要问题是每段代码均需组件化,操作比较繁琐,工作量较大,而使用 Encoder 对页面进行加密,操作简单、收效良好。由于本文重点讨论系统的安全问题,因此只给出实现数据库安全访问过程的基本思想。

用户在没有经过身份验证前,如果试图访问各保护子目录中的文件,如在浏览器的地址栏中写入受保护文件名等,都被重定向到子目录下的登录网页 loginchild.aspx。只有从该

登录网页进入,才可以打开子目录链接页 indexchild.aspx,并由此页打开其他的受保护页面。要实现这种安全机制,首先需要在站点根目录下的 Web.config 配置文件中进行如下设置:

```
<authentication mode="forms">
  <forms LoginUrl="index.aspx" name="login" timeout="60"
    path="/"></forms>
</authentication>
```

其次,为了保护子目录中的文件,可通过根目录中 Web.config 配置文件的<location>标记对子目录指定不同的安全设置,对相应用户进行授权,从而使匿名用户不能访问,限于篇幅,源代码从略。

结束语 本文提出并设计了一个基于 ASP.NET 的文件管理系统原型,重点对有效保护系统的数据库资源进行了分析和设计。该系统整合了数据库技术、ASP.NET 技术及网页文档编辑技术等,实现了对组织内部体系文件的全面管理,提供了不同层次的需求服务,从而使文件管理更加富有效率,维护成本大幅降低。基于 ASP.NET 的 Web 应用程序开发,在充分利用 ASP.NET 的安全机制、数据库安全控制、管理员网络安全防范意识的基础上,极大地提高了文档管理系统的安全性能。但本系统还存在一些不足之处,如普通记录文件的更新与完善需要加入、查询的智能性需进一步提高等,这是该系统需要进一步修改和完善的内容。

参考文献

- 1 邓良松. 软件工程. 西安:西安电子科技大学出版社,2000
- 2 吴晨. ASP.NET 数据库项目案例导航. 北京:清华大学出版社,2004
- 3 林菲. 软件工程中的需求分析. 福建电脑,2005(7):80~81
- 4 唐艳,段洪君. 用 Internet 软件工程方法开发软件. 牡丹江教育学院学报,2005(3):99

(上接第 59 页)

(1)标识和托肯。系统标识是 Petri 网系统中所有网格资源标识的集合。系统中的托肯是网格资源 P 中的所有信息分量,系统中的所有托肯集合为 $\bigcup_{p \in P} Type(p)$ 。系统中的网格资源 P 的资源标识就是该资源中的托肯集合 $M(p)$,它是一个多重集合。而系统托肯则是系统中全部资源的标识的集合 $\sum_{p \in P} M(p)$,是系统中全部资源多重集的多重集。

(2)服务前提。一个服务的发生完全由它的外延(服务前集与服务后集之和)决定,而与系统全局状态无关。服务前集是指由输入弧与服务连接的资源集合,服务后集是指由输出弧与服务连接的资源集合。服务发生又可分为单个服务模式 and 并发服务模式两种情形。

(3)单服务模式。对于当前服务的所有服务前集,都有 $Pre(se) \leq M$ 。服务前提满足时,服务就自动发生。服务发生时,前集中的托肯相应减少 $Pre(se)$,后集中的托肯相应增加 $Post(se)$,即单个服务发生后的系统标识为: $M' = M - Pre(se) + Post(se)$ 。

(4)并发服务模式。对于并发服务的所有服务前集,都有 $Pre(Se_\mu) \leq M$ 。服务前提满足时,服务就自动发生。服务发生时,所有服务前集中的托肯相应减少 $Pre(Se_\mu)$,所有服务后集中的托肯相应增加 $Post(Se_\mu)$,即并发服务发生后的系统标识为: $M' = M - Pre(Se_\mu) + Post(Se_\mu)$ 。

$Pre(Se_\mu) = \sum_{se \in SERVICES} se_\mu(se) Pre(se)$ 。所有在 Se_μ 中的 Web Services 都被认为是并发的网络服务,当 $|Se_\mu| = 1$ 时,并发服务模式退化为单个服务模式。

(5)服务规则。如果一个并发服务模式的有限多重集 Se_μ ,在标识 M 下是激活的,则一步执行可以产生新的标识 M' , $M' = M - Pre(Se_\mu) + Post(Se_\mu)$ 。表示为 $M[Se_\mu > M' \text{ 或 } M \xrightarrow{Se_\mu} M']$ 。因此,一步执行既可以包括单个服务模式,也可以包括多个并发服务模式。

结论 目前,网格系统还没有一种准确、清楚和形式化的定义。本文探索性地给出了网格系统的一个高层抽象模型,即有色网系统。利用 Petri 网工具来构架网格系统模型是网格系统理论深入研究和应用的必然,因为网格正是 Petri 网系统依赖的完全异步并发的基础环境,基于 Petri 网原理建造的 Petri 网系统能更好地模拟现实社会,建立可伸缩的虚拟组织。在这个定义之上,有关网格系统的性质和行为的描述是我们下一步的研究工作。

参考文献

- 1 Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations[J]. International J. Supercomputer Application,2001,15(3)
- 2 Foster I, Kesselman C 著. 网格计算(第二版)[M]. 金海,袁平鹏,等译. 北京:电子工业出版社,2004
- 3 徐志伟,冯百明,李伟. 网格计算技术[M]. 北京:电子工业出版社,2004
- 4 袁崇义. Petri 网原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2005
- 5 Web Services 工作组. Web Services Activity [EB/OL]. http://www.w3.org/2002/ws/
- 6 Czajkowski K. The WS-Resource Framework[EB/OL]. http://www.gridhome.com/dvnews/show.aspx?id=70&cid=40
- 7 赵维. TaoGrid 服务资源网格[EB/OL]. http://www.chinagrid.net/dvnews/upload/2004-11/04111615512121.doc