

一种基于状态图的网格用户全生命周期管理模型的研究

刘利民¹ 尚朝轩¹ 徐志伟²

(解放军军械工程学院光学与电子工程系 石家庄 050003)¹ (中国科学院计算技术研究所 北京 100083)²

摘 要 以网格用户管理的用户状态与活动为研究内容,首先介绍了用户状态与活动在用户管理层次结构中的位置和作用,提出了一种基于元状态和子状态的用户状态图,给出了每个元状态的分类和定义,同时研究了每类元状态对应的子状态的定义与元素构成以及与元状态的关系;在状态定义的基础上,研究并定义了用户活动即转换动作,给出了网格用户的状态转换图。最后介绍了该模型在高性能计算环境 Portal 中的应用。

关键词 网格,用户,全生命周期,元状态,子状态,转换

中图法分类号 TP393 **文献标识码** A

Study of a Grid User Whole Life Cycle Management Model Based on State Chart

LIU Li-min¹ SHANG Chao-xuan¹ XU Zhi-wei²

(Optical and Electronic Engineering Department, PLA Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)¹

(The Institute of Computing Technology, CAS, Beijing 100083, China)²

Abstract This thesis took the user's state and activity of grid user management as the studying matter. First, this paper introduced the location and role of user's state and activity in the user management architecture, presented a kind of user state chart based on meta and sub state and gave the classification and de-finition of each metastate. The definition and elements of each substate attached to each type of metastate and their relations were studied. Based on the state definition, this paper studied and defined user's activity-transition action and gave the grid user's state transition chart. Finally, this paper introduced the application of this model in the portal of high performance computing environment.

Keywords Grid, User, Whole life cycle, Metastate, Substate, Transition

1 简介

网格系统作为分布式的资源和服务的广域网,在科学计算、生物、医药等领域得到了大规模的应用。网格用户管理作为主体管理是网格系统重要的组成部分。如图 1^[4]所示,网格用户全生命周期管理和网格用户的表示方法是组成网格用户管理系统的基础。

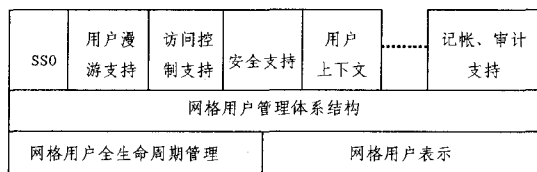


图 1 网格用户管理基础结构

网格用户是用户管理系统的底层基础构成部分,在研究确定其组织和表示方法后,应该重点分析和确定在网格环境下用户的各种状态、各种状态的管理、全生命周期的各个阶段以及全生命周期的管理问题。

2 网格用户的状态及状态转换图

网格用户管理首先要确定用户的状态,根据网格主体的特征,可以将网格用户的状态分解为图 2 所示。

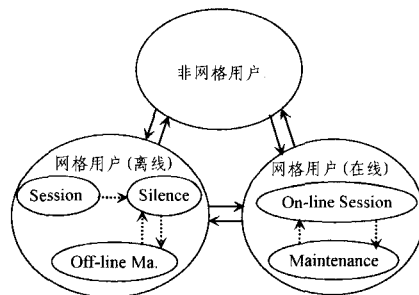


图 2 网格用户状态图

网格用户可分为 3 个大的元状态,即非网格用户状态(Non Grid user State 简称为 NGS)、离线的网格用户状态(Off-line Grid user State 简称为 OGS)和在线的网格用户状态(On Line Grid user state 简称为 OLG),其中在 OGS 和

到稿日期:2010-02-05 返修日期:2010-05-05 本文受国家杰出青年科学基金(69925205),国家 863 计划(2002AA104310)网格软件项目以及中国科学院海外杰出青年学者基金(20014010)资助。

刘利民(1971—),博士,副教授,主要研究方向为网格计算、计算机应用,E-mail:lawrenceccic@163.com;徐志伟(1956—),男,研究员,博士生导师,主要研究方向为计算机网络、分布式系统。

OLG 状态下存在多个子状态,所以上述用户状态图为复合状态图(Composite State Graph)。

通过图 2 可以看出,用户全生命周期状态图包括状态(元状态和子状态,如图中椭圆型节点所示)和转换(Transitions,如图中节点之间的箭头所示),转换指的是事件和动作。

各元状态和子状态的构成与含义在下面模型和应用中进行论述。

3 网格用户状态的数学模型

定义 1 以网格用户作为主体,将网格用户的元状态定义为以下元素组成的四元组。

$$U_{ate} = \{N_m, E_a, I_i, S_s\} \quad (1)$$

式中:

N_m (Meta State Name): 元状态的名字标记字符串;

E_a (Entry/Exit Actions): 进入和退出当前元状态的动作的集合(图 2 中实线箭头所示);

I_i (Internal Transitions): 元状态的内部转换集合,该转换并不能导致当前元状态的变化(图 2 中虚线箭头所示);

S_s (Substates): 状态的嵌套结构集合,可以是顺序的或并行的子状态;

例如在线的网格用户元状态可以进一步细分为:网格会话状态,信息维护状态。

定理 1 网格用户的所有元状态集合为 $N_m = \{S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_j, \dots, S_n\}$; 所有元状态转换动作的集合为 $E_a = \{E_1, E_2, \dots, E_i, \dots, E_j, \dots, E_n\}$; 则对于集合 E_a 中的任意元素 $E_i \in E_a$, 在集合 N_m 中必定唯一存在两个元状态元素对 $S_j \in N_m$ 和 $S_i \in N_m$ 使得:

$$S_j \xrightarrow{E_i} S_i \quad (2)$$

由于集合 E_a 为所有的引起元状态转换动作的集合,因此每个动作都会有一个起始状态和一个终止状态。

E_i 所对应的起始元状态和终止元状态是唯一的,从上面网格用户状态图和状态的定义来看,将一个动作可能引起的多种状态转换作为子状态包含在元状态当中,这样使得元状态之间的状态转换动作具有唯一性,从而使得网格用户管理动作和状态具有层次性,使设计和管理更加清晰。

定义 2 网格用户所有的元状态包含的子状态为由以下元素组成的三元组:

$$S_s = \{N_s, E_u, N_e\} \quad (3)$$

式中:

N_s (Substate Start Name): 子状态的名字标记;

E_u (Internal Entry/Exit Actions): 进入和退出当前子状态的动作的集合;

N_e (Substate End Name): 由动作集合 E_u 引起的所有的终止子状态的集合。

定理 2 网格用户的所有子状态集合为 $N_s = \{N_{s1}, N_{s2}, \dots, N_{si}, \dots, N_{sj}, \dots, N_{sn}\}$; 所有子状态转换动作的集合为 $E_u = \{E_{u1}, E_{u2}, \dots, E_{ui}, \dots, E_{uj}, \dots, E_{un}\}$; 则对于集合 E_u 中的任意元素 $E_{ui} \in E_u$, 在集合 N_s 中必定存在两个元状态元素对 $N_{sj} \in N_s$ 和 $N_{se} \in N_s$ 使得:

$$N_{sj} \xrightarrow{E_{ui}} N_{se} \quad (4)$$

由于集合 E_u 为所有的引起子状态转换动作的集合,因此

每个动作都会有一个起始状态和一个终止状态。

推论 1 根据上述定义和状态图,所有元状态所包含的子状态的集合为 $N_{ms} = \{N_{ms1}, N_{ms2}, \dots, N_{msi}, \dots, N_{msj}, \dots, N_{msn}\}$, 用户的所有子状态集合为 N_s , 那么有 $N_{msi} \subseteq N_s, N_{msi} \neq \phi (i=1, 2, \dots, n), \bigcup_{i=1}^n N_{msi} = N_s$, 且 $N_{msi} \cap N_{msj} = \phi$, 集合 N_{ms} 是集合 N_s 的一个划分。

推论 2 网格用户所有元状态所包含的子状态之间的转换集合为 $E_{ms} = \{E_{ms1}, E_{ms2}, \dots, E_{msi}, \dots, E_{msj}, \dots, E_{msn}\}$, 用户的所有子状态转换集合为 E_s , 那么有 $E_{msi} \subseteq E_s, E_{msi} \neq \phi (i=1, 2, \dots, n), \bigcup_{i=1}^n E_{msi} = E_s$, 但 $E_{msi} \cap E_{msj} \neq \phi$, 集合 E_{ms} 是集合 E_s 的一个覆盖。

也就是说每个子状态之间的转换动作 $E_i \in E_s$ 所对应的起始状态和终止状态不是唯一的,从上面网格用户状态图和状态的定义来看,网格用户的信息维护可以在离线状态和在线状态下进行,那么“信息维护开始”动作和“信息维护结束”动作所对应的起始子状态和终止子状态就不是唯一的。

4 网格用户状态管理的应用

根据上述几个定义和定理以及给出的网格用户状态图可以详细得出网格用户的几个元状态以及每个元状态所包含的子状态和内部转换:

非网格用户状态:

$\{NGS, \text{Unregister/Register}, \text{Null}, \text{Null}\}$;

网格用户(离线状态):

$\{OGS, \text{Logout}/(\text{Unregister/Login}), \text{Job End}/\text{UserInfoOp}/\text{UserInfoOpEnd}, \text{Session}/\text{Silence}/\text{Off-line Ma.}\}$;

网格用户(在线状态):

$\{OLG, \text{Login}/(\text{Unregister/Logout}), \text{User Management Operation}, \text{On-line Session}/\text{Maintenance}\}$ 。

非网格用户状态在触发注销动作后进入该状态,注册动作离开该状态。我们仅考虑网格用户方面的管理,在该状态下不考虑内部转换和子状态。

网格用户(离线状态)在触发用户退出网格系统动作时进入,注销和登录动作离开该状态,该状态包括 3 个子状态: Session 即用户虽然退出但还有网格作业或请求正在运行的会话状态; Silence 即用户退出的同时用户所有的网格请求和会话完全结束的状态; Off-line Ma. 即网格管理员对用户信息进行维护的状态。该状态的内部动作为 Job End 动作,即该动作使离线用户的状态由 Session 子状态转换为 Silence 子状态; UserInfoOp 动作使离线网格用户从 Silence 状态进入信息维护状态 Off-line Ma.; UserInfoOpEnd 动作使离线用户从信息维护状态 Off-line Ma. 进入 Silence 状态。

网格用户(在线状态)在触发网格用户登录网格系统时进入,注销和退出动作离开该状态,该状态包括两个子状态: On-line Session 即用户活动并且处于网格会话状态,也就是用户的作业处于执行状态或网格资源正在对用户提供的状态; Maintenance 即用户对自身的信息维护的状态,例如修改用户的信息、申请新的用户角色等。On-line Session 状态和 Maintenance 状态不是严格的互斥的两个状态,它们可以是并发的或者同时存在的两个状态。

定义 3 一个触发各个状态的转换由下述五元组组成:

$$Tr = \{Ss, Et, Gc, At, Ts\} \quad (5)$$

式中:

Tr (Transition):转换的名字;

Ss (Source State):该转换要改变的状态;

Et (Event Trigger):事件的发起者;

Gc (Guard Condition):一个布尔表达式;

At (Action):可执行的原子计算,即动作;

Ts (Target State):转换完成时处于的活动状态。

根据上述定义,下面对网格用户元状态存在的各种转换进行描述:

在下列的转换中, $\exists$ (Expression) 表示为当且仅当括号内的表达式 Expression 为真时执行相应的转换。

$Tr1 = \{NGS, Admin, \exists (Role = Grid Administrator), Register, OGS\}$

$Tr2 = \{OLG, User, \exists ((user DN \in \{Admitted DNs\}) \& \& (User = User *)), Unregister, NGS\}$

$Tr3 = \{OGS, User, \exists ((user DN \in \{Admitted DNs\}) \& \& (User = User *)), Login, OLG\}$

$Tr4 = \{OLG, User, \exists ((user DN \in \{Admitted DNs\}) \& \& (User = User *)), Logout, OGS\}$

$Tr5 = \{NGS, Admin, \exists (Role = Administrator), Unregister, NGS\}$

$Tr1$ 由网格管理员发起,将用户批准为网格用户,执行的动作为注册(Register),该转换从状态 NGS 转换为 OGS,使用户成为网格用户,但处于离线状态,待用户自身登录。

$Tr2$ 由用户自身发起,转换执行的条件为用户的身份为网格承认的合法用户身份并且发起者的身份 User 与被改变状态的用户身份 User * 一致,执行的动作为注销(Unregister),从状态 OLG 转换为 NGS,使得网格用户注销成为非网格用户。

$Tr3$ 由用户自身发起,转换执行的条件为用户的身份为网格承认的合法用户身份并且发起者的身份 User 与被改变状态的用户身份 User * 一致,执行的动作为登录(Login)到网格系统,从状态 OGS 转换为 OLG,使用户变为活动的用户状态。

$Tr4$ 由用户自身发起,转换执行的条件为用户的身份为网格承认的合法用户身份并且发起者的身份 User 与被改变状态的用户身份 User * 一致,执行的动作为退出(Logout)网格系统,从状态 OLG 转换为 OGS,使用户处于离线状态。

$Tr5$ 由网格管理员发起,转换执行的条件为转换执行发起者的角色为管理员,执行的动作为将用户注销(Unregister),使用该用户的状态由 OGS 转换为 NGS。

以上介绍的是用户 3 个大状态之间的转换,下面介绍子状态之间存在的转换关系:

在下列的转换中, $\exists$ (Expression) 表示为当且仅当括号内的表达式 Expression 为真时执行相应的转换。

$Tsr1 = \{Session, Job Controller, \exists (Role = System Service Administrator), JobEnd, Silence\}$

$Tsr2 = \{On-line Session, User/Admin,$

$\exists (((user DN \in \{Admitted DNs\})$

$\& \& (User = User *)) \mid (Role = Administrator)), Use-$

$rInfoOp, Maintenance\}$

$Tsr3 = \{Maintenance, User/Admin, \exists (((user DN \in \{Admitted DNs\}) \& \& (User = User *)) \mid (Role = Administrator)), UserInfoOpEnd, On-line Session\}$

$Tsr4 = \{Silence, Admin, \exists (Role = Administrator), UserInfoOp, Off-line Ma. \}$

$Tsr5 = \{Off-line Ma., Admin, \exists (Role = Administrator), UserInfoOpEnd, Silence\}$

式中, $Tsr1, Tsr4, Tsr5 \in OGS; Tsr2, Tsr3 \in OLG$ 。

$Tsr1$ 由网格系统的作业控制器发起,转换执行的条件是角色为作业控制器系统服务的管理员,执行的动作为作业结束 JobEnd,使离线网格用户的状态从 Session 转换为 Silence。

$Tsr2$ 由用户自身或者管理员发起,转换执行的条件为用户的身份为网格承认的合法用户身份并且发起者的身份 User 与被改变状态的用户身份 User * 一致或者发起者的角色为网格管理员,执行的动作为对用户信息的操作 UserInfoOp,该操作包括多种原子操作,在具体实现中详细介绍。该动作使在线网格用户的状态从在线会话状态 On-line Session 转换为信息维护状态 Maintenance。

$Tsr3$ 由网格管理员或者管理员发起,转换执行的条件为用户的身份为网格承认的合法用户身份并且发起者的身份 User 与被改变状态的用户身份 User * 一致或者转换执行发起者的角色为管理员,执行的动作为对用户信息的操作的结束 UserInfoOpEnd,该动作使在线网格用户的状态从信息维护状态 Maintenance 转换为在线会话状态 On-line Session。

$Tsr4$ 由网格管理员发起,转换执行的条件为发起者的角色为网格管理员,执行的动作为对离线网格用户的信息进行维护操作 UserInfoOp,该动作使离线用户的状态由 Silence 转换为离线维护状态 Off-line Ma.。

$Tsr5$ 由网格管理员发起,转换执行的条件为发起者的角色为网格管理员,执行的动作为对离线网格用户的信息维护操作结束 UserInfoOpEnd,该动作使离线用户的状态由离线维护状态 Off-line Ma. 转换为 Silence。

通过上面的定义及说明,可以归纳得出网格用户状态图各组成部分的集合元素的枚举列表:

元状态集合:

$Ustate = \{NGS, OGS, OLG\};$

子状态集合及所属的元状态:

$Ss1 = \{Session, Silence, Off-line Ma.\} \subseteq OGS;$

$Ss2 = \{On-line session, Maintenance\} \subseteq OLG;$

元状态之间的动作集合为:

$Ea = \{Register, Unregister, Login, Logout\};$

所有子状态之间的动作集合为:

$Eit = \{JobEnd, UserInfoOp, UserInfoOpEnd\}.$

结束语 基于状态图和状态转换的网格用户全生命周期模型已应用到国家高性能计算环境 Portal 的用户管理系统中。依据用户状态对用户和用户组数据库进行了设计,在数据库的设计中同时考虑了用户的子状态的信息。根据不同状态之间的转换设计与实现了用户的注册、注销、会话和信息维护等各种转换所对应的服务接口。通过实际应用,依据该状态图和转换所实现的用户管理系统有效实现了用户的全生命

(下转第 135 页)

相反,如果采用本文提出的无环保障机制 LFGM 遴选多可达路由,由于具有较长路径长度的路由通常不会得到更高的本地偏好^[18],若将当前所有可达路径中 AS_PATH 长度最短的路径作为最优路径,则与最短 AS_PATH 长度相差二以内的多可达路径将达到总数的 79.22%,它们都可作为备选路由而被使用。

如果再将以上两种机制与最优路径优先选路方式相比较,则可以发现:采用等代价最优路径方式可以使得备选路由数量总数上升约 12.57%,而采用 LFGM 方法不仅可以满足域间多径路由无环需求,同时还可使得备选路由总量较之最优路径选路上升约 32.99%。而这些多可达路径可用总数的增长,都将直接有助于提升自治域之间的空间连通性,并最终有助于提升域间路由的可靠性等指标。

结束语 多径路由可以较好地解决路由可靠性问题,同时也将为执行更为合理的域间流量工程提供更为有效的支持。针对现有域间多径路由方法仍缺乏有效合理的无环保障机制的问题,本文在分析仅采用 AS_PATH 检测机制无法满足域间多径无环需求的基础上,证明了域间节点引入特定约束条件后可以避免环路产生的结论,并提出一种数据平面与控制平面相互配合以防止多径路由产生环路的方法(LFGM)。理论及仿真分析表明,采用 LFGM 可使节点获得更多不会产生环路的可达路径。LFGM 没有改变 BGP 语义,仅对 BGP 协议的路由遴选机制和路由器数据转发过程进行了适当调整,这将为域间多径路由的实现和部署提供更为有效合理的支撑。

参 考 文 献

- [1] Meyer D, Zhang L, Fall K. Report from the IAB workshop on routing and addressing[S]. RFC4984, Sep. 2007
- [2] Nordmark E, Bagnulo M. Shim6: level 3 multihoming shim protocol for IPv6[S]. Internet Draft, Oct. 2007
- [3] Moskowitz R, Nikander P. Host identity protocol (HIP) architecture[S]. RFC 4423, May 2006
- [4] Zhang X, Francis P, Wang J, et al. Scaling global IP routing with the core router-integrated overlay[C]//Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Network Protocols, 2006:147-156
- [5] Bonaventure O. Reconsidering the Internet Routing Architecture [S]. Internet Draft, Mar. 2007
- [6] Farinacci D, Fuller V, Oran D. Locator / Id separation protocol (LISP)[S]. Internet Draft, Jan. 2007
- [7] Xu Wen, Rexford J. MIRO: Multi-path Interdomain Routing[C]//Proceedings of SIGCOMM, 2006:171-182
- [8] Subramanian L, Caesar M, Cheng Tien Ee, et al. HLP: A Next Generation Inter-domain Routing Protocol[C]//Proceedings of the 2005 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications, 2005:13 - 24
- [9] Xu X, Guo D. Hierarchical Routing Architecture (HRA) [C]//Next Generation Internet Networks, 2008:92-99
- [10] Atkinson R. ILNP Concept of Operations [S]. Internet Draft, June 2008
- [11] He Jiayue, Rexford J. Toward internet-wide multipath routing [J]. Network, IEEE, 2008, 22(2):16-21
- [12] Wang Yi, Avramopoulos L, Rexford J. Morpheus: making routing programmable[C]//Proceedings of the 2007 SIGCOMM workshop on Internet network management, 2007:285-286
- [13] Saucez D, Donnet B, Iannone L, et al. Interdomain traffic engineering in a locator/identifier separation context[C]//Internet Network Management Workshop, 2008:1-6
- [14] Banner R, Orda A. Multipath Routing Algorithms for Congestion Minimization [J]. Networking, IEEE/ACM Transactions, 2007, 15(2):413-424
- [15] Enyedi G, Retvari G. A Loop-Free Interface-Based Fast Reroute Technique [C]//Next Generation Internet Networks, April 2008:39-44
- [16] Shi Lei, Fu Jing, Fu Xiaoming. Loop-Free Forwarding Table Updates with Minimal Link Overflow[C]//Proceedings of the ICC '09, IEEE, 2009:1-6, 14-18
- [17] Fu Jing, Sjodin P, Karlsson G. Loop-free updates of forwarding tables [J]. Network and Service Management, IEEE Transactions, 2008, 5(1):22-35
- [18] Van Beijnum I, Crowcroft J, Valera F, et al. Loop-Freeness in Multipath BGP through Propagating the Longest Path [C]//Proceedings of the ICC', June 2009:1-6
- [19] Systems C. BGP best path selection algorithm, Document ID: 13753 [EB/OL]. <http://www.cisco.com/application/pdf/paws/13753/25.pdf>, May 2006
- [20] Soricelli J M. Juniper™. Networks Certified Internet Specialist Study Guide [OL]. www.juniper.net/training/certification/JN-CIS_studyguide.pdf, 2004
- [21] Xia J, Gao L. On the evaluation of AS relationship inferences[C]//Proceedings of the GLOBECOM '04, Nov. 2004, 3:1373-1377

(上接第 115 页)

周期管理,避免了各种管理异常情况的发生。

参 考 文 献

- [1] 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
- [2] Sandhu R, Coyne E, Feinstein H, et al. Role-Based Access Control Model[J]. IEEE Computer, 1996, 29(2):38-47
- [3] Keahey K, Welch V. Fine-Grain Authorization for Resource Management in the Grid Environment[C]//Proceedings of Grid 2002 Workshop, 2002
- [4] Liu Limin, Xu Zhiwei. A Layered Grid User Expression Model in Grid User Management[C]//Grid and Cooperative Computing PT2, 2004, 3033:1055-1058
- [5] 王诚,张祖昶. 基于信任度的网络安全访问模型的研究[J]. 南京邮电大学学报, 2009, 29(3):46-49.
- [6] 张建凤,徐艳丽,等. 网格环境下基于上下文和角色的访问控制[J]. 计算机科学, 2008, 35(11):13-16
- [7] 陈艳杰,李俊. 网格 Portal 应用研究[J]. 河南师范大学学报, 2009, 3(73):68-72
- [8] 陈博,迟学斌,武虹. 计算网格 Portal 的设计与实现[J]. 微电子学与计算机, 2004, 21(9):37-41
- [9] 王伟,殷国富,张雪平. 基于 Microsoft .NET 的有限元应用网格门户研究[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(3):55-58
- [10] Yu Jia, Buyya R. A taxonomy of scientific workflow systems for grid computing[J]. ACM SIGMOD Record, 2005, 34(3):44-49