

可视化域间路由建模语言

曲荣欣, 王和兴, 才书训

(东北大学秦皇岛分校计算机工程系, 秦皇岛 066004)

摘要: 提出一种可视化域间路由建模语言。该建模语言能够对大规模复杂自治系统内部域间路由的扩展结构、自治系统之间的关系以及域间路由策略进行可视化建模。可在不同层次上, 从不同的角度对域间路由建立多种抽象粒度不同的模型, 进而可使设计人员以及网络管理人员更好地理解大规模自治系统的结构和域间路由的行为特征。为高效地设计、实施以及管理自治系统的域间路由结构和路由策略配置, 提供强有力的支持, 也为域间路由管理的智能化、自动化打下了坚实的基础。

关键词: 域间路由; 可视化建模语言; 路由策略; 网络管理

Visualized Inter-Domain Routing Modeling Language

QU Rong-xin, WANG He-xing, CAI Shu-xun

(Computer Engineering Dept., Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004)

【Abstract】This paper proposes a Visualized Inter-Domain Routing Modeling Language(VIDRML). It provides the capacity of visualized modeling for inner scaling structure of large-scale Autonomous System(AS), relationship of ASes and inter-domain routing policy. Thus, VIDRML can establish multiple models of different abstract granularity in different levels and from different views for inter-domain routing. And this can help designers and network administrator understand topology of large-scale AS and behavior of inter-domain routing better. Meanwhile, it provides the advanced modeling methods for structure design and reusable pattern design of network topology and routing policy. Therefore, it provides support for effective design, implementation and management of AS's topology and routing policy configuration. Moreover, VIDRML establishes solid foundation for intelligitizing and automatization of inter-domain routing management.

【Key words】 inter-domain routing; visualized modeling language; routing policy; network management

1 概述

随着Internet的迅猛发展, 接入服务市场的竞争日趋激烈, ISP之间的商业关系变化频繁。故要求自治系统(Autonomous System, AS)路由策略配置的管理能够快速做出反应, 以适应市场竞争的要求。位于层次化结构中顶层的ISP, 其规模也随着其业务的扩大而变得越来越庞大。近期, Mahajan^[1]等人的研究表明人为差错对域间路由的稳定性产生了很大的不良影响, 揭示了完全依赖人工管理所固有的缺点。

Govindan^[2]等人提出了一种基于RPSL的域间路由策略管理框架。Krishnamurthy^[3]等人提出一种基于聚类图的AS互联拓扑结构建模方法。而Wang^[4]等人则研究并分析了域间路由的行为特征。然而, 他们都是从单一的角度来研究自治系统的域间路由策略以及拓扑结构。为此, 本文提出了一种可视化域间路由建模语言(Visualized Inter-Domain Routing Modeling Language, VIDRML)。它是在路由策略说明语言(Routing Policy Specification Language, RPSL)^[5]的语法和语义的基础上, 增加了对AS关系以及AS内部拓扑结构进行建模的手段, 并提供了可视化表示方法。

2 RPSL 简介

RPSL 是一种面向对象的描述语言, 使用它能够对路由策略进行详细的说明, 从而由其说明自动产生底层路由器的配置。在RPSL中定义了多种类(对象), 它们包括: 维护人员类(mntner class), 人员类(person class), 角色类(role class), 自治系统类(aut-num class), 路由类(route class), 以及路由器

类(inet-rtr class)等。除此之外, RPSL还定义了集合类, 这些集合类用于定义同一种类对象的集合, 它们分别是AS集合类(as-set)、路由集合类(route-set)、过滤器集合类(filter-set)、对等体集合类(peering-set)和路由器集合类(rtr-set)。同时, 它独特的字典类(dictionary class)提供了对RPSL的扩展能力, 可以根据需要增加新数据类型, 定义新的类, 或者引入新的路由协议, 也可以为原有路由协议添加新特性。

3 可视化域间路由建模语言

作为一种建模语言, VIDRML应具有丰富的表达力, 同时又易于理解和学习, 更重要的是能够满足描述AS多种不同视图的需要。为此, 将其分为高级结构建模、拓扑结构建模、AS关系建模以及域间路由策略建模4个部分。

3.1 高级结构建模

为提高建模的效率, 同时也是为了能够尽可能地重用那些已经成功地应用于实际网络当中、被证明是优秀的设计和实施方案, 特此在VIDRML中增加了包(package)、模式(pattern)、模板(template)和集合(set), 用于对高级可复用结构进行建模。所谓的包就是把建模元素组织成组的通用机制。而模式则是用来描述在给定语境中对于共同问题的通用解决方案。集合则是合同类型元素的包。模板则是借用程序设计中的概念, 就是参数化类型(parameterized type)。

基金项目: 河北省教育厅自然科学基金资助项目(z2005116)

作者简介: 曲荣欣(1968-), 女, 副教授, 主研方向: 计算机网络协议, 路由机制; 王和兴, 讲师; 才书训, 教授

收稿日期: 2007-10-25 **E-mail:** qrx@mail.neuq.edu.cn

除上述建模元素之外,还定义了元素之间可能存在的关系,即聚合关系(aggregation relationship)、组合关系(composition relationship)、继承关系(inheritance relationship)和依赖关系(dependency relationship)。聚合关系用于表达“整体-部分”关系;而组合关系用于表达整体拥有各部分,各部分与整体共存的关系;继承关系用于表达一般元素和特殊元素之间的分类关系;而依赖关系表达一个元素的定义的修改,可能会引起另一元素的定义的修改。图1是定义的表示法。

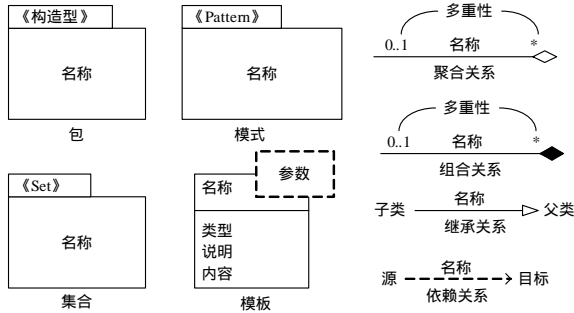


图1 高级建模元素及其关系表示法

如此构造的目的在于能够为在建模过程中进行最大限度的复用设计提供有力的支持。

3.2 拓扑结构建模

拓扑结构模型是用来描述大规模自治系统内部 BGP 互联结构。在自治系统内部 BGP 互联有 3 种结构,即路由反射、联盟和 IBGP 全连网络。同时,定义了接口、BGP 连接等以满足建立拓扑模型的需要,图2是所定义的表示法。

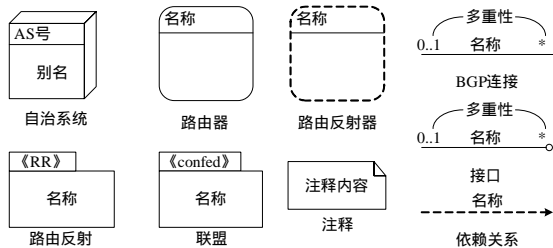


图2 拓扑结构建模元素表示法

虽然 RPSL 定义了 AS 类、路由器类,但没有给出路由反射和联盟这 2 种 IBGP 扩展结构所对应的类定义,为此在原有 RPSL 对 AS 类、路由器类的定义基础上,进行了相应的修改。首先在原有的 aut-num 类中增加了 scale 属性用以描述自治系统内所使用的扩展机制。在 inet-rtr 类中增加了 reflection 用以说明是否为路由反射器。表1和表2给出了2个类的说明。其中,*具体说明方法详见文献[5]。

表1 修改后的 aut-num 类

| 属性 | 值 | 类型 |
|---------|-----------------|--------------------------|
| aut-num | <as-number> | Mandatory, single-valued |
| as-name | <object-name> | mandatory, single-valued |
| import | import policy* | optional, multi valued |
| export | export policy* | optional, multi valued |
| default | default policy* | optional, multi valued |
| scale | <scalable-type> | optional, single-valued |

表2 修改后的 inet-rtr 类

| 属性 | 值 | 类型 |
|------------|---------------------|--------------------------|
| inet-rtr | <dns-name> | mandatory, single-valued |
| alias | <dns-name> | optional, multi-valued |
| local-as | <as-number> | mandatory, single-valued |
| vendor | <Vendor Code> | optional, single-valued |
| reflection | <bealoon> | optional, single-valued |
| ifaddr | interface addr.* | mandatory, multi-valued |
| peer | peer specification* | optional, multi-valued |

为使 VIDRML 具有描述 AS 内部的 2 种扩展机制的能力,增加了 2 个构造包——路由反射和联盟。表3和表4给出了2个构造包的属性说明。

表3 路由反射类

| 属性 | 值 | 类型 |
|------------|-----------------|--------------------------|
| cluster | <cluster_id> | mandatory, single-valued |
| name | <object-name> | mandatory, single-valued |
| local-as | <as-number> | mandatory, single-valued |
| reflectors | <rtr-set-names> | mandatory, multi-valued |
| clients | <rtr-set-names> | optional, multi-valued |

表4 联盟类

| 属性 | 值 | 类型 |
|----------|---------------------|--------------------------|
| name | <object-name> | mandatory, single-valued |
| sub-as | <private-as-number> | mandatory, single-valued |
| local-as | <as-number> | mandatory, single-valued |
| members | <rtr-set-names> | mandatory, multi-valued |

3.3 AS 关系建模

AS 关系模型是用来描述 AS 之间,依据商业合同所形成的彼此间的相互关系。在 ISP 之间可能形成的关系有:客户-提供者关系(customer-to-provider),对等访问服务关系(peer-to-peer)以及备份关系(backup)^[6]。图3是定义的表示法。

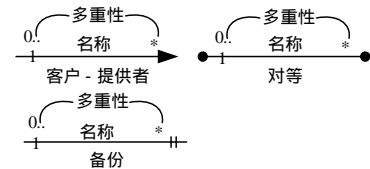


图3 自治系统关系模型元素的表示法

需要说明的是,除了对等访问服务关系是没有方向的,其他 2 种关系都是具有方向的。在客户-提供者关系的表示中,箭头指向的一端为提供者,另一端为客户。在备份关系的表示中,双竖线一端为备份关系的设定者。

3.4 路由策略建模

在 VIDRML 中增加了拓扑结构模型和 AS 关系模型,对 RPSL 进行如下修订。

对 as-set 类和 peering-set 类进行修改,增加说明 AS 关系的属性。

利用 RPSL 语言中的 dictionary 类,对新增的数据类型进行说明,同时增加 BGP4 协议的新的说明选项,从而能够在 inet-rtr 类的对象中,描述路由器之间所建立的 BGP 连接的类型以及关系类型。dictionary 类扩展部分的内容如下:

```
dictionary: RPSL
typedef: #types of BGP peer
peering_enum enum[iBGP,eBGP,cBGP]
typedef: cluster_id integer[0,4294967295]
typedef: #types of scaling BGP
scalable-type enum[full_mesh,reflect,confederation]
typedef: # relationship between peers
relationship_enum
enum[provider,customer,peer,backup]
typedef: #router types of route-reflection
rr-type
enum[reflector,client,non-client]
typedef: #the private as number
private-as-number integer[64512,65535]
protocol: BGP4
# the relationship between peers
OPTIONAL relationship(relationship_enum)
# the type of peering between two routers
```

OPTIONAL peering_type(peering_enum)

3.5 VIDRML 建模实例

图 4 给出了 AS2874 的拓扑结构模型图, 它是由 3 个路由反射簇组成, 即 2 个呈现点(Point Of Present, POP)和 1 个网络运营中心(Network Operation Center, NOC)。在 NOC 和 2 个 POP 之间各建立了 4 条 IBGP 连接。

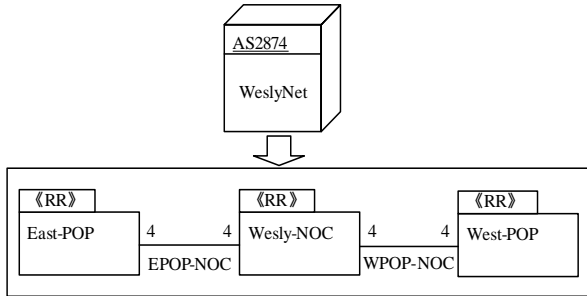


图 4 WeslyNet 总体拓扑模型

图 5 则给出了 Wesly-NOC 路由反射的拓扑结构模型。

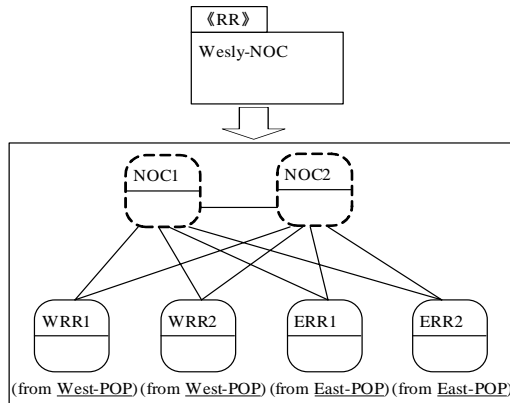


图 5 Wesly-NOC 拓扑结构模型

该模型是一种典型的、广泛被采用的双路由反射器结构。其优点在于可以避免单点故障对于网络连通性的影响, 即当一个路由反射器出现故障时, 网络仍然可以由另一个路由反射器保持连通性。为能在设计中, 重用这种典型的结构, 可以利用高级结构模型中的模式和模板来对这种结构进行高级抽象描述, 并在未来的设计中, 通过实例化的方法进行结构重用。

有关 VIDRML 的路由策略模型, 由于采用 RPSL 来进行描述, 因而在此不再赘述, 可以参见文献[5]。

4 结束语

本文重点研究并提出了根据不同需要, 对大规模 AS 进行多角度、多层次、不同抽象粒度的统一的可视化建模方法。同时, 更加注重对结构化和可重用模式设计的支持以及应用。

参考文献

- [1] Mahajan R, Wetherall D, Anderson T. Understanding BGP Misconfiguration[C]//Proc. of the 2002 Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications. New York, USA: ACM Press, 2002: 3-16.
- [2] Govindan R, Alaettinoglu C, Eddy G, et al. An Architecture for Stable, Analyzable Internet Routing[J]. IEEE Network, 1999, 13(1): 29-35.
- [3] Krishnamurthy B, Wang Jia. Topology Modeling via Cluster Graphs[C]//Proc. of ACM SIGCOMM'01. New York, USA: ACM Press, 2001: 19-23.
- [4] Wang Lan, Zhao Xiaoliang, Pei Dan, et al. Observation and Analysis of BGP Behavior Under Stress[C]//Proc. of the 2nd ACM SIGCOMM Workshop on Internet Measurement Workshop. New York, USA: ACM Press, 2002: 183-195.
- [5] Aleattinoglu C, Villamizar C, Gerich E, et al. Routing Policy Specification Language[S]. IETF RFC 2622, 1999.
- [6] Huston G. Interconnection, Peering and Settlements[J]. Internet Protocol Journal, 1999, 23(3): 45-51.

(上接第 147 页)

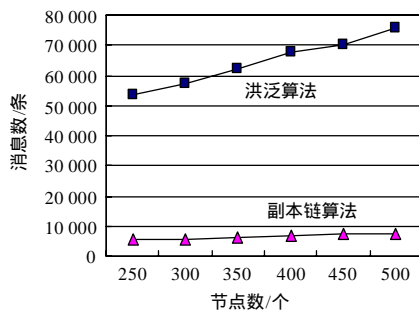


图 5 10 次更新平均每次更新消息随节点规模的变化

5 结束语

在本文中, 研究了非结构化纯 P2P 结构下副本的一致性维护算法。通过引入副本链, 随着更新次数的增加, 减少更新消息因每次在网络中洪泛广播引起的消息冗余。同时充分利用初次更新消息在网络中的广播建立和维护副本链。本文还对副本链算法给出了性能分析, 并进行仿真试验对算法加以验证, 结论证明算法产生的代价较小。由于更新的并发操作有可能在网络中引起冲突, 如何解决更新冲突是副本一致

性维护过程中的一个关键问题, 也是下一步研究的目标。

参考文献

- [1] Ripeanu M. Peer-to-peer Architecture Case Study: Gnutella Network[C]//Proc. of Int'l Conf. on Peer-to-Peer Computing. [S. l.]: IEEE Computer Press, 2001: 99-101.
- [2] Xie Kun, Zhang Dafang, Xie Gaogang, et al. A Trace Label Based Consistency Maintenance Algorithm in Unstructured P2P Systems[J]. Journal of Software, 2007, 18(1): 105-116.
- [3] Datta A, Hauswirth M, Aberer K. Updates in Highly Unreliable, Replicated Peer-to-peer Systems[C]//Proc. of the 23rd Int'l Conf. on Distributed Computing Systems. Washington D. C., USA: IEEE Computer Society, 2003: 76-85.
- [4] Dou Wen, Wang Huaimin, Jia Yan, et al. A Rumor-spreading Analog on Unstructured P2P Broadcast Mechanism[J]. Journal of Computer Research and Development, 2004, 41(9): 1460-1465.
- [5] Gian P J. PeerSim HOWTO: Build a New Protocol for the PeerSim 1.0 Simulator[EB/OL]. (2005-12-24). <http://peersim.sourceforge.net/tutorial1/tutorial1.pdf>.