

策略路由技术

Policy Routing Technology

李金平 高东杰

(中国科学院自动化研究所 北京100080)

Abstract Policy Routing is the important foundation which can more efficient and reasonably provide QoS for Internet/Intranet. The paper describes the simple conception and correlative technology background of Policy Routing, and analyzes the technology problems to implement Policy Routing.

Keywords QoS, Policy Routing, Traffical engineer

1. 引言

互联网流量工程是避免由于网络资源的非均衡使用而造成网络拥塞、更好地向用户提供 QoS 服务的机构。策略路由是互联网流量工程的重要内容之一,它是根据用户需要向用户提供不同 QoS 服务、满足用户策略要求的重要前提之一。策略路由需要对现有互联网的路由选择协议进行扩充,在选择路由的过程中考虑更多的约束参数(如带宽、延迟等),根据链路(hop)的资源可用性、服务质量要求及企业/ISP 的策略选择通路,在源与目的节点之间提供多条满足不同服务质量要求与特定策略的路由。

2. 技术及应用背景

目前,互联网正在以爆炸的速度向前发展,预示着市场对数据通信产品的强大需求。同时由于 IP phone、多媒体会议、电子商务等业务的出现对互联网/企业网提出了更高的要求,即它们必须提供 QoS 业务/分类业务以满足 IP phone 等对带宽、时延及时延抖动的要求。数据通信产品必须适应这种新的需求,提供流分类、QoS 路由、QoS 保证机构等功能。

为适应业务和技术发展的需要,国际标准化组织 IETF 目前正在制定关于 QoS、流量工程、策略路由等方面的标准,国外各研究机构也在进行相应技术的研究。同时,在制造业,国外各大数据通信设备供应商为提高其产品的竞争力,满足市场的需要,在其路由器产品中均开发了向用户提供不同 QoS 服务的功能,同时为了更好地提供 QoS 服务,设计了自己的策略路由机构。

例如,CISCO 公司在其产品 Cisco IOS 中实现了策略路由功能,可以利用该功能基于端系统标识/应用类型/协议类型/分组大小等确定路由策略,为信息流选择不同的路由,满足信息流的各种服务质量要求。路由器基于增强的分组过滤器(称为 route map)确定下一跳。route map 包括 match clauses 及 set clauses,前者定义匹配特征(如协议、应用、优先级等),后者定义相应的路由(出端口、下一跳 IP 地址、TOS、IP 优先级等)。上述策略路由与路由表中到相同目的路由不同,它可以利用动态路由由协议确定,也可以由静态路由由匹配(手工配置)确定。策略路由可以实现基于源的路由选择、基于 QoS 的路由选择、基于节约费用的路由选择、基于负载共享的路由选择等。

QoS 业务/分类业务已经成为 ISP 增加收入、提高其网络竞争力的主要手段之一,它也是满足企业网多业务支持能力、

满足企业经营需要的重要前提。因此研究策略路由技术,发展我国自己的策略路由产品,增加数据通信产品功能,向用户提供具有 QoS 业务/分类业务能力的的数据通信网络,对于提升我国数据通信产品的核心竞争力、增加它们的市场占有率无疑具有十分重要的意义。

3. 策略路由的研究内容

策略路由是提高网络服务质量的基础之一,是在 QoS 路由的基础上考虑了其它限制条件如 ISP 或企业的策略执行路由的选择。良好的策略路由可以保证网络更好地实现 QoS、节约费用、负荷共享、为特殊流选择特殊传送路径等,更好地满足企业/ISP 的特殊需要。策略路由是一个全网范围的解决方案,它需要与网络系统中的多个功能构件相互作用。为设计功能强大、性能良好的策略路由系统,需要确定策略路由的衡量参数、路由表的结构和更新、策略路由的存储方式等。在计算策略路由的过程中,需要考虑下述因素:

1) 路由器如何确定每一个流的 QoS 要求是否能够在出链路得到满足及如何保留链路资源。对于广播多址访问链路(Ethernet),QoS 可用性就比较难于确定,组播流的资源分配确定也需要进行仔细设计。

2) 如何确定路由粒度。路由粒度包括:基于源、基于源与目标、基于不同的 QoS 等。一般来讲,路由粒度越小,网络需要维护的路由状态越多,相应的处理越复杂,所需的存储容量越多,当然网络向用户提供不同 QoS 服务的能力越强。设计的策略路由应该在路由粒度与提供的 QoS 能力之间进行折衷。

3) 如何选择约束参数。选择的约束参数应该能够表述网络的基本特性,易于匹配到信息流的 QoS 需要,选择的约束参数不应使路由的计算过于复杂。为减少路由计算的复杂性,需要设计良好的优化计算方案,例如在需要较多约束参数的情况下,可以采用“顺序过滤”的计算方法以减少计算复杂度。另外,需要设计域间约束参数的统一表示方法。

4) 如何确定满足 QoS 能力的组播路由。设计基于 QoS 的组播路由的困难包括组播的目的集合是可以动态可变的,组内终端可能具有不同服务质量要求等。

5) 需明确计算策略路由时的性能目标是什么。一般来讲,性能目标可以是提高总的网络吞吐量。此时,只要某一链路能够满足 QoS 需要就选择路由通过该链路就不合适了,可能需要一个高级允许控制机构来保证选择的路由不会降低总的网络吞吐量,也就是说,此时路由选择的开销可以定义为由

于路由占用资源而阻塞掉的竞争这些资源的其它路由所造成的收入损失。

6) 需明确网络运营者具有的权限是什么。一般来讲,他们的权限可能包括高级允许控制机构、域间路由选择策略、多种业务类别之间占用资源比例的确定、各种流优先级的确定机构及对资源的优先占用方法的设计等。

7) 如何获得规模适应性。设计的策略路由协议标准应该使网络规模较大的情况下也具有较高的计算效率。

8) 如何降低策略路由的负荷。策略路由的负荷包括计算负荷、存储负荷、通信负荷。降低这些负荷的措施包括算法的优化、路由粒度的降低、约束参数的减少等措施,当然这需要与策略路由的精确性折衷考虑。

下面就策略路由技术研究中的一些关键技术或问题进行较为详细的描述,以期读者对策略路由技术研究领域有比较明确的了解。

3.1 策略路由协议的制定

策略路由可以使选择的路由满足相应的 QoS 需要,提高网络资源的利用率。在确定路由时,策略路由需要考虑网络的拓扑结构、信息流的 QoS 要求、链路资源使用情况、网络拥有者制定的策略等。

3.1.1 域内(Intradomain)策略路由 其主要设计目标为设计的域内策略路由应该具有良好的灵活性。一般来讲,选择的协议应该满足下述需要:1)能够选择满足 QoS 要求的路由;2)目前的 best effort 路由协议不应受到影响;3)优化资源使用;4)实现高级允许控制功能。

实现方式包括基于链路状态信息的按需路由计算、业务类别较少情况下静态路由计算等。我们需要确定实现上述方式的时机,例如先实现静态路由计算,然后实现按需路由计算。策略路由可以采用标准的路由协议(如 OSPF、Integrated PNNI)也可以采用满足特定要求的自定义路由协议。另外还需要确定路由协议支持的业务类别及相应的 QoS 工程(指对某一业务类的支持程度)。

3.1.2 域间(Interdomain)策略路由 其主要设计目标为设计的域间策略路由应该具有良好的规模适应性,域间交换的网络状态信息要尽可能地少。此类策略路由协议应该考虑如何对现有域间路由协议进行扩展以满足 QoS routing 的需要。设计此类协议标准时,应该考虑如何解决下列问题:

1)域间交换的信息内容如何确定,这可能包括可达性信息、QoS 能力信息、路由选择策略信息等。

2)路由选择能力的确定(如源路由选择、按需路由计算等);

3)外部路由信息如何在域内表示;

4)域间路由如何计算;

5)域间基于 QoS 的组播路由如何建立。

3.1.3 组播策略路由 设计组播策略路由协议标准时,应该解决下述问题:

1)组播成员可变情况下的规模适应性。与此相关有两种负荷:组播目的发现负荷、基于 QoS 的路由计算负荷。为使设计的策略路由具有规模适应性,应减少这两种负荷;

2)拓扑逻辑变化时的可靠性;

3)支持目标之间的不同 QoS 要求;

4)支持高级允许控制。

一般来讲,与域内策略路由和域间策略路由相比,组播策略路由较为复杂。

3.2 策略路由的计算

策略路由的计算复杂性与约束参数的选择关系很大。约束参数可以包括费用、跳数、带宽、可靠性、延迟、延迟抖动等。这些参数可以分为三类:可加类参数(延迟、抖动、跳数等)、可乘类参数(丢失率)、可最小化类参数(带宽等)。设计策略路由算法过程中应该考虑计算复杂性与 QoS 精确性、计算复杂性与全局优化之间的折衷。例如可以采用带宽与跳数作为约束参数以避免路由算法的 NP 完全问题,另外也可以按约束参数的重要程度将约束参数排序,用基于“顺序过滤”的方法计算路由以降低算法的复杂度。

策略路由情况下的路由表的结构及大小也是需要仔细考虑的问题。路由表的结构和大小与路由粒度、约束参数直接有关。路由粒度越小(大),路由表越大(小),表示的信息越精确(不精确);约束参数越多(少),路由表越大(小),表示的信息越精确(不精确)。一般来讲,对于同一网络来说,策略路由情况下的路由表会远远大于一般情况下的路由表。降低策略路由情况下的路由表所需存储容量的措施包括:1)使用较大路由粒度;2)使用分级跳数;3)仅仅保存用于尽力型(best effort)业务的路由表,按需计算策略路由。

另外,上述前两项措施对于策略路由引起的另一类问题—控制流量的增加/计算负荷的增加的解决也是非常有效的。

3.3 安全问题

策略路由需要的特殊安全机构包括验证信息流 QoS 路由请求的机构、避免资源被耗尽的机构。

3.4 QoS/策略到 QoS 机构的变换

在网络 QoS 三级体系结构中,交换设备内部的 QoS 机构起着最终 QoS 执行者的角色。这些 QoS 机构包括连接允许控制、警管(policing)、成形、队列调度算法、分组丢弃算法等。为在网络中更有效地提供 QoS 业务,需要对 QoS/策略到 QoS 机构的变换算法进行研究。

结束语 策略路由是数据通信领域出现的一个新研究热点,国内外一些研究机构、科研院所以及企事业单位对策略路由中所涉及的算法等相关的难题进行了攻关,并已取得一定的成果,也有一些数据通信公司开发出了支持策略路由的产品。但目前,有关策略路由中的一些关键算法还没有很好解决,还有待进一步的研究,相应的支持策略路由的数据通信产品的功能还需进一步完善。

参考文献

- 1 Xiao Xipeng, Ni L M. Internet QoS: A Big Picture. 1~25
- 2 Apostolopoulos G, et al. QoS Based Routing: A Performance Perspective. ACM SIGCOMM'98. 17~28
- 3 Guo L, Matta I. On State Aggregation for Scalable QoS Routing: [Technical Report NU-CCS-98-02]. Northeastern University, 1~10
- 4 Guerin R, Orda A. QoS-based Routing in Networks with Inaccurate Information: Theory and Algorithms. IEEE INFOCOM'97. 75~83
- 5 Kweon S K, Shin K G. Distributed QoS Routing with Bounded Flooding for Real-Time Applications. the University of Michigan
- 6 Lorenz D H, Orda A. QoS Routing in Networks with Uncertain Parameters. Israel Institute of Technology
- 7 Shankar A U, et al. Transient and Steady-State Performance of Routing Protocols: Distance-Vector versus Link-State. University of Maryland, College Park

(下转第30页)

看到了构件市场的端倪。COTS 构件从一开始就强调内部细节的不透明性、组装过程的可插拔性等特点,早期的 COTS 构件包括通用子程序库、通用类库甚至一个完整的应用子系统,近年来则以 COM 和 JavaBean 构件为主。注重构件技术的实用性是未来构件概念发展的趋势,今后将有可能沿着以下三个方向发展:

(1) 引入网络服务的思想 2000年6月和2001年2月微软和 SUN 公司分别推出了 NET 框架和 ONE 体系结构,其共同特点是强调网络服务,网络服务使软件可以通过租赁的方式通过 Internet 提供给用户使用,从而避免了盗版、用户使用频率、版本更新等一系列问题。网络服务构件将是未来构件的一种重要类型。

(2) 构件与编程语言相结合 目前的高级程序设计语言并不直接支持构件的概念。CBSD 想要真正得到大规模的应用需要开发工具提供更强大的支持,将构件概念引入程序语言是国际上一些学者的研究方向。例如 M. Flatt 做了大量有关面向构件的编程语言的研究^[14],他认为基于构件的开发应当从程序语言级支持构件的定义、交互、编译和链接。商业语言中 Java 已经使 JavaBean 成为自己的一个组成部分,微软也在 VC 中提供 ATL 以方便 COM 构件的制作。尽管需要解决的问题还很多,成为高级语言中的一个组成部分也将是未来构件概念的一个发展方向。

(3) 强调构件的领域专用性 软件领域的广泛性是 CBSD 难以实施的一个重要原因,相对来说某一特定传统行业的领域范围则狭窄得多,因而有利于标准构件的研究和生产,软件系统的开发则需要面向社会的各行各业。近年来人们逐渐认识到复用的重点应当转向特定领域,软件构件应当分为产品专用、领域专用、领域通用三个层次。大量的面向领域的构件的出现是 CBSD 成功的关键因素之一。

结论 软件构件概念虽然已经出现三十多年了,但是到目前为止依然没有形成一个能够被广泛接受的定义。不同的研究人员对构件有着不同的理解,而构件概念本身也在不断发展着。构件概念的歧义和发展与软件复用息息相关,构件概念的歧义是由于研究人员所关注的复用领域的不同,构件概念的发展源于软件复用在技术上进步和实践活动的深入。总的来说,目前对构件存在广义和狭义两种理解,广义的理解强调构件的复用价值,认为凡是应用系统中可以明确辨识且具

有复用价值的构成成分都可以称为构件。而狭义的理解则注重构件在实际应用系统开发的作用,将构件限制于目前业界流行的 CORBA、COM 和 JavaBean 等技术上。然而从现状来看 CBSD 离大规模普及依然有很大的距离,构件概念仍然需要进一步发展,以进一步提高对构件制作、构件组装和构件市场形成的支持。

参考文献

- 1 McIlroy M D. Mass-Produced Software Components. Software Engineering Concepts and Techniques. In: 1968 NATO Conference on Software Engineering, Van Nostrand Reinhold, 1976. 88~98
- 2 Deremer F, Kron H. Programming in the Large Versus Programming in the Small. IEEE Transaction on Software Engineering, June 1976. 321~327
- 3 Booch G. Software Components with Ada - Structures, Tools and Subsystems. Menlo Park, CA.: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1987
- 4 Barhes B H, Bollinger T B. Making reuse cost-effective. IEEE Software, 1991, 8(1): 13~24
- 5 Boehm B W. Megaprogramming, Keynote speech. ACM Computer Science Conf. Phoenix, Ariz., Feb. 1994
- 6 NATO Standard for Development of Reusable Software, NATO Communications and Information Systems Agency Components, 1991
- 7 Gamma E, et al. Design Patterns. Addison-Wesley, 1995
- 8 Johnson R. Ralph Johnson's Framework Homepage. <http://stwww.cs.uiuc.edu/users/johnson/frameworks.html>
- 9 Shaw M, Garlan D. Software Architecture. Prentice Hall, 1996
- 10 Tracz W. Confessions of a Used Program Salesman- Institutionalizing Software Reuse. Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY: April 1995
- 11 6th International Workshop on Component-Oriented Programming. <http://ecoop2001.inf.elte.hu/workshop/WCOP-ws.html>
- 12 Szyperski C. Component Software. Addison-Wesley, 1998
- 13 Bachman, et al. Technical Concepts of Component-Based Software Engineering: [CMU/SEI-2000-TR-008]. 2000/5
- 14 Flatt M. Programming Languages for Reusable Software Components. [PhD thesis]. Rice University, Department of Computer Science, 1999
- 15 Hou C J, et al. Routing Virtual Circuits with Timing Requirements in Virtual Path Based ATM Networks. IEEE INFOCOM'96. 320~328
- 16 Rouskas G N, et al. Multicast Routing with End-to-End Delay and Delay Variation Constrains. IEEE JSAC, 1997, 346~357
- 17 Zhu Q, et al. A Source-Based Algorithm for Delay-Constrained Minimum-Cost Multicasting. IEEE INFOCOM'95. 377~385
- 18 Waitzman D, et al. Distance Vector Multicast Routing Protocol. RFC 1175
- 19 Moy J. Multicast Extensions to OSPF. Internet draft, 1992
- 20 Matta I, et al. On Routing Real-Time Multicast Connections. Northeastern University

(上接第85页)

- 8 Guo L, Matta I. Search Space Reduction in QoS Routing. [Technical Report NU-CCS-98-09]. Northeastern University, 1~18
- 9 ATM Forum Technical Committee. Private Network-Network Interface Specification Version 1.0. af-pnni-0055. 0000
- 10 Murthy S, et al. Loop-Free Internet Routing Using Hierarchical routing Trees. IEEE INFOCOM'97. 101~108
- 11 Behrens J. hierarchical Routing Using Link Vectors. Sun Microsystems, Inc.
- 12 Vogel R, et al. QoS-Based Routing of multimedia Streams in Computer Networks. IEEE JSAC, 1996, 14(7): 1235~1244
- 13 Crawley E, et al. A Framework for QoS-based Routing in the Internet. Internet draft, 1998
- 14 Shin K G, et al. A Distributed route-selection scheme for estab-